

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE MONTES**

**PROYECTO DE FIN DE CARRERA**



***MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA  
COMUNIDAD RURAL DE SIERPE, COSTA RICA***

Autor:

**Luis González Almarza**

Tutor:

**José Luis**

**García Rodríguez**

Director:

**Miguel**

**Marchamalo Sacristán**

Co-Director:

**Javier**

**Bonatti González**

**Enero, 2013**

**Título del P.F.C.:**

**MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA COMUNIDAD RURAL DE  
SIERPE, COSTA RICA.**

**Autor:**

**Fdo:** Luis González Almarza

**VºBº del Director**

**VºBº del Co-director**

**Fdo:** Miguel Marchamalo Sacristán

**Fdo:** Javier Bonatti González

**VºBº del Tutor**

**Fdo:** José Luis García Rodríguez

**Enero, 2013**

**“© UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, AÑO 2012, TODOS LOS  
DERECHOS RESERVADOS”**

**Título del P.F.C.:**

**MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA COMUNIDAD RURAL DE  
SIERPE, COSTA RICA.**

**Autor:** Luis González Almarza

**Directores:** Miguel Marchamalo Sacristán / Javier Bonatti González

**Tutor:** José Luis García Rodríguez

**Tribunal:**

**PRESIDENTE**

**VOCAL**

**SECRETARIO**

**Fdo:**

**Fdo:**

**Fdo:**

**CALIFICACIÓN:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** Madrid, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

**OBSERVACIONES**

**Título del P.F.C.:****MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA COMUNIDAD RURAL DE SIERPE, COSTA RICA.****Autor:** Luis González Almarza**Directores:** Miguel Marchamalo Sacristán / Javier Bonatti González**Tutor:** José Luis García Rodríguez**Departamento:** Ingeniería Forestal**RESUMEN**

Este proyecto se localiza en una comunidad rural del Pacífico-Sur de Costa Rica, en la península de Osa, muy cerca del Parque Nacional de Corcovado. Sierpe es una comunidad de unos 1.100 habitantes que vive principalmente de los ingresos del turismo, la palma aceitera y las explotaciones forestales de Teca. Frente a esta realidad social, se presenta la necesidad de mantener los recursos naturales y las zonas de bosque tropical donde se localiza la captación del acueducto rural.

El objetivo general de este trabajo es elaborar un Plan de Seguridad de Agua para mejorar el abastecimiento y el saneamiento de agua en la comunidad rural de Sierpe, siguiendo las instrucciones básicas de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y de las administraciones costarricenses.

El proyecto consta de tres partes importantes: una de *Diagnóstico y análisis de riesgos*, en la que se describirá la situación actual del acueducto, describiendo detalladamente sus 4 partes (Captación, Tratamiento-Almacenaje, Conducción-Distribución, Consumo-Saneamiento). Seguidamente, y teniendo en cuenta el diagnóstico realizado se presentará el *Plan de Mejoras* por ejes estratégicos para aportar soluciones a los problemas encontrados en el mantenimiento y la gestión del acueducto. Por último, se dará gran importancia en un apartado propio a la *Acción Participativa*, ya que al tratarse de un proyecto de cooperación es muy importante conocer la opinión de la gente local e intentar colaborar estrechamente con los responsables del acueducto rural.

Como resultado se indican una veintena de mejoras en las que se define una priorización de ciertas actuaciones sobre otras dependiendo de factores temporales, financieros y de máxima necesidad. Se presenta, para terminar, una valoración económica de cada una de las tres prioridades atendiendo al contexto social, económico y ambiental y a que sean técnicamente viables en la zona.



## ABSTRACT

This project is located in a rural community in the South Pacific of Costa Rica, on the Osa Peninsula, near Corcovado National Park. Sierpe is a community of about 1,100 inhabitants living mainly from tourism, oil palm and teak logging revenues. Faced with this social reality presents the need for natural resources and areas of rainforest where is located the rural water uptake.

The overall objective of this project is to develop a Water Safety Plan to improve the supply of water and sanitation in the rural community of Sierpe, in agreement with the basic instructions of the WHO (World Health Organization) and the Costa Rican government.

The project has three parts: a *Diagnostic and Risk analysis*, which shows the current situation of the aqueduct, describing in detail its 4 parts (Uptake, Treatment- Storage, Driving-Distribution, Consumption-Sanitation). Then, taking into consideration the diagnosis made before, it will be presented the *Plan for Strategic Improvements* to provide solutions to problems found in the maintenance and management of the aqueduct. Finally, we give great importance in a separate section to the *Participatory Action*, while being a cooperation project it is very important to know local people's views and try to work closely with the leaders of the rural aqueduct.

As a result, it is suggested about twenty improvements where is defined a prioritization of certain actions depending on temporary, financial and high-need factors. It is presented to finish, an economic assessment for each of the three priorities in response to the social, economic and environmental context, and they must be technically viable in the area.

Este trabajo ha sido realizado con el Programa de Ayudas de Viaje de Cooperación al Desarrollo de la Universidad Politécnica de Madrid, según resolución de 22 de mayo de 2012, por el que se concedieron ayudas de viaje para realizar prácticas formativas, proyectos fin de carrera, grado o máster de estudios oficiales cursados en la UPM, en universidades o instituciones científicas de países de renta media o baja.

El trabajo de campo se ha desarrollado íntegramente en la Zona Pacífico-Sur de Costa Rica en el marco del Programa “Comunidad, Agua y Bosque”, operado y financiado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Universidad de Costa Rica, con el apoyo de la AECID y del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) de Costa Rica. El proyecto local Comunidad, Agua y Bosque está dirigido por el Dr. Javier Bonatti (Universidad de Costa Rica) y cuenta con el apoyo de los responsables del Ministerio de Salud y de la ASADA de Sierpe.



Realizado con el apoyo del proyecto PCI AECID “Manejo Comunitario de suelo y agua en Centroamérica”. MACOSACEN (A2/037794/11).

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi primer recuerdo debe ser para mis directores de proyecto, Miguel, Javier y Josele. Quiero agradecer especialmente a Miguel Marchamalo, porque durante cerca de un año ha estado ayudándome y dedicando un gran esfuerzo para que este proyecto saliera adelante, para que me encontrara muy cómodo y bien acogido durante mi estancia en Costa Rica y para que este proyecto fuera un gran aprendizaje para mí.

Además de estas personas, ha habido muchos otros profesores de la Escuela, colaboradores del Programa CAB de ambas partes (Elena, Nur, Jesús,...) y todo el personal de la ASADA y del Ministerio de Salud de la Región Brunca (Marcos, Karen, Edgar,...) porque sin ellos todo este trabajo habría sido imposible. Ellos me han ayudado a resolver muchos problemas logísticos y me han facilitado mucha información indispensable para elaborar este trabajo.

A toda mi familia. A mis abuelos, a mis tíos, a mis primos, a mi hermana Marta y en especial a mis padres, por todo el esfuerzo que han hecho durante estos 6 años de carrera, por su ayuda durante mi beca ERASMUS en Bélgica y en el viaje a Costa Rica para realizar este proyecto; y por todos los buenos valores que han sabido transmitirme. La elección de esta carrera se la debo seguramente en gran medida a ellos y me siento muy orgulloso.

A todos los compañeros de la Escuela de Montes que se han cruzado conmigo en este periodo inolvidable de mi vida que ha sido la Universidad. Algunos los considero ya grandes amigos e incluso algo más, como mi pareja Martina, y nunca olvidaré todos los divertidos, y otros no tan divertidos, momentos que pasamos juntos.

Y para terminar, a mis amigos de toda la vida, Fernando, Álvaro, Loren, Borja, Carlos, Miryam, Gadea... porque aunque no les interesa mucho el mundo forestal y del medio ambiente, han sabido apoyarme y hemos avanzado juntos durante tantas y tantas horas de estudio.

***“No le des de comer pescado al pobre, dale una caña y enséñale a pescar”***

***“Das poco cuando das tus posesiones. Es cuando das de ti mismo, cuando realmente das”***

**MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA COMUNIDAD RURAL DE  
SIERPE, COSTA RICA**

**ÍNDICE**

---

<b>I – RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>pg. 17</b>
<b>II – MEMORIA.....</b>	<b>pg. 26</b>
<b>III – ANEJOS.....</b>	<b>pg. 89</b>

## **I – RESUMEN EJECUTIVO**

1- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	pg. 18
2- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	pg.19
3- DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS.....	pg.21
4- PLAN DE MEJORAS Y PRESUPUESTO.....	pg.24

## II - MEMORIA

1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	pg. 27
1.1.	Introducción	
1.2.	Antecedentes	
1.3.	Objetivos	
1.4.	Beneficiarios y otros actores implicados	
1.5.	Justificación	
2.	RESEÑAS DE COSTA RICA.....	pg. 31
2.1.	Introducción al país	
2.2.	Economía y Desarrollo humano.	
3.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	pg. 34
3.1.	Situación geográfica y organización administrativa	
3.2.	Características del medio físico	
3.3.	Características socioeconómicas	
4.	DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS.....	pg. 43
4.1.	Introducción	
4.2.	Captación	
4.3.	Tratamiento y Almacenaje	
4.4.	Conducción y Distribución	
4.5.	Consumo y Saneamiento	
4.6.	Análisis DAFO	
4.7.	Procedimientos administrativos	
5.	PLAN DE MEJORAS POR EJES ESTRATÉGICOS.....	pg. 63
5.1.	Antecedentes y Justificación	
5.2.	Plan de Mejoras por Ejes Estratégicos	
5.3.	Priorización del Plan de Mejoras	
5.4.	Propuesta de Futuros Proyectos	
6.	ALTERNATIVAS ECONÓMICAS.....	pg.72
6.1.	Valoración económica por Ejes Estratégicos	
6.2.	Presupuestos	
7.	ACCIÓN PARTICIPATIVA.....	pg. 74
7.1.	Introducción	
7.2.	Técnicas cuantitativas	
7.3.	Técnicas cualitativas	
7.4.	Técnicas participativas	
7.5.	Conclusiones y Dificultades encontradas	
8.	CONCLUSIONES.....	pg. 86
9.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	pg. 87

### III – ANEJOS

1 - Cambio de posición de la tubería que toma el agua.....	pg. 90
2 - Vallado perimetral de las captaciones.....	pg. 91
3 - Cambio de la Red de Conducción.....	pg. 92
4 - Elevación y acondicionamiento de la represa.....	pg. 94
5 - Construcción de mini-diques.....	pg. 99
6 - Hidrantes.....	pg. 101
7- Mejora de las Condiciones de la oficina de la ASADA.....	pg.102
8 - Matrices de Planificación.....	pg. 103
9 - Plan general de la estancia y Trabajo de campo.....	pg. 108
10 - Modelo de entrevista.....	pg. 109
11- Modelo de Cuadro Contable Mensual.....	pg.113
12 - Tríptico informativo del PSA.....	pg. 114
13 - Tabla de TARIFAS del AyA aprobadas por ARESEP.....	pg. 115
14 - Mapas:.....	pg. 116
✓ Mapa de Captación y Red de Conducción.	
✓ Mapa de la Red de Distribución.	
✓ Mapa de Hidrantes.	
✓ Mapa de Consumos Mensuales.	
✓ Mapa de Riesgos.	

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura R.1** – Mapa de Costa Rica (izq) y detalle del Cantón de Osa con las principales comunidades. Elaboración propia.

**Figura R.2** – Instituciones que gestionan el abastecimiento de agua en el Cantón de Osa (abajo). (Olabarri, 2011).

**Figura R.3** – Climodiagrama correspondiente a Palmar Sur. Elaboración Propia.

**Figura 2.2.1** – Índices de Desarrollo Social de algunas áreas de Costa Rica y media nacional. (Olabarri, 2011).

**Figura 3.1.1** – Mapa de Costa Rica (izq) y detalle del Cantón de Osa con las principales comunidades. Elaboración propia.

**Figura 3.1.2** – Instituciones que gestionan el abastecimiento de agua, a nivel nacional (arriba) y en el Cantón de Osa (abajo). (Olabarri, 2011).

**Figura 3.2.1** – Climodiagrama correspondiente a Palmar Sur. Elaboración Propia.

**Figura 3.2.2** – Mapa de Suelos para los Cantones de Osa y Golfito. (ASIS del Aeropuerto, 2011).

**Figura 3.2.3** – Gráfico, resultante del Balance hídrico, del Caudal base mensual estimado para la fuente de Sierpe. Elaboración propia.

**Figura 4.2.1** – Mapa de las estructuras de captación y almacenamiento del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.

**Figura 4.2.2** – Gráfico del perfil de las estructuras de captación y almacenamiento del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.

**Figura 4.3.1** – Croquis de las estructuras del acueducto de Sierpe. Archivo de la ASADA.

**Figura 4.4.1** – Croquis de la actual red de Distribución. Elaboración propia.

**Figura 4.6.1** – Gráfico del análisis DAFO. Elaboración propia.

**Figura 5.2.1** – Imagen de un medidor de 4' (100mm) de DURMAN. (Website del proveedor).

**Figura 5.4.1** – Propuesta de red de distribución por sectores. Elaboración propia.

**Figura 6.3.1** – Gráfico del resultado de los Pesos Grupales. Elaboración propia.

**Figura 6.3.2** – Gráfico del resultado de los Pesos Sociales. Elaboración propia.

**Figura 6.4.1** – Imágenes utilizadas para el Taller en la Escuela. Archivo del autor.

**Figura A.1** – Croquis de las posiciones de las tomas de agua en las represas. Elaboración propia.

**Figura A.4.1** – Croquis de la sección crítica del proyecto para la represa de “El Amarillón”. Elaboración propia.

**Figura A.4.2** – Croquis de las armaduras a instalar en la represa de “El Amarillón”. Elaboración propia.



## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla R.1** – Características de las represas del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.

**Tabla R.2** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 1. Elaboración propia.

**Tabla R.3** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 2. Elaboración propia.

**Tabla R.4** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 3. Elaboración propia.

**Tabla 3.2.1** – Medias mensuales de Temperaturas y Precipitaciones en Palmar Sur. (ASIS del Aeropuerto, 2011).

**Tabla 4.2.1** – Características de las represas del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.

**Tabla 4.4.1** – Diámetros y longitudes de cada tramo de la red de Conducción. Elaboración propia.

**Tabla 4.5.1** – Resumen del resultado de los análisis bacteriológicos y físicos de las diferentes muestras. (Laboratorio de Análisis Ambiental, UCR. 2010).

**Tabla 4.5.2** – Frecuencia de muestreo en sistemas rurales.(Aurazo, 2004).

**Tabla 4.5.3** – Número de Cortas de agua por meses durante 2012. Elaboración propia.

**Tabla 5.3.1** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 1 (Medidas de extrema urgencia). Elaboración propia.

**Tabla 5.3.2** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 2 (Medidas recomendables a corto plazo). Elaboración propia.

**Tabla 5.3.3** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 3 (Medidas a tomar a medio-largo plazo). Elaboración propia.

**Tabla 6.3.1** – Criterios y Grupos sociales utilizados para aplicar la Decisión Multicriterio. Elaboración propia.

**Tabla 6.3.2** – Saaty's Verbal Scale (*Journal of Mathematical Psychology*, 1977).

**Tabla 6.3.3** – Matriz de comparación por pares. (Marchamalo, 2005).

**Tabla 6.3.4** – Tabla de los pesos individuales, resultados del análisis con LINGO .

**Tabla 6.3.5** – Tabla de los pesos grupales, resultados del análisis con LINGO .

**Tabla A.1** – Materiales y precios para el cambio de posición de la toma de agua. Elaboración propia.

**Tabla A.2** – Materiales y precios para el vallado perimetral de las captaciones. Elaboración propia.

**Tabla A.3** – Materiales y precios para el cambio de la Red de Conducción. Elaboración propia.

**Tabla A.4** – Materiales y precios para la elevación de la represa de “El Amarillón”. Elaboración propia.

**Tabla A.5** – Materiales y precios para la construcción de los mini-diques. Elaboración propia.

**Tabla A.7** – Materiales y precios para las mejoras en las condiciones de la oficina. Elaboración propia.

**Tabla A.8.1** – Matriz de planificación para el Objetivo general. Elaboración propia.

**Tabla A.8.2** – Matriz de planificación para los dos primeros Objetivos específicos. Elaboración propia.

**Tabla A.8.3** – Matriz de planificación para el tercer Objetivo específico. Elaboración propia.

**Tabla A.8.4** – Matriz de planificación para el cuarto Objetivo específico. Elaboración propia.

**Tabla A.8.5** – Matriz de planificación para el quinto Objetivos específico. Elaboración propia.

**Tabla A.9** – Plan General de la estancia presentado ante el Rectorado de la UPM. Elaboración propia.

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

**Fotografías R.1:** De izq. a dcha. en orden descendente: Represa de “Pollo Macho y Tanque de almacenamiento. Pre-filtro junto a las válvulas de gestión y Detalle del paso sobre el río Sierpe de la Conducción. Instrumento de micro-medición instalado recientemente y ASADA de Sierpe.

**Fotografía 2.1.1** – Museo Nacional de Costa Rica, San José (izq.) y Basílica de Ntra.Sra. de los Ángeles, Cartago (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 2.2.1** – Esferas precolombinas en Finca 6 (izq.) y antigua máquina de vapor de la Compañía Bananera (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 2.2.2** – Camino de Sierpe a Miramar (izq.) y visita a la fuente de Miramar (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 3.1.1** – Oficina de la ASADA “La Gallega y Estero Azul, Sierpe”. Archivo del autor.

**Fotografía 3.2.1** – Interior del P.N. Corcovado (izq.) y Oso hormiguero en el mismo parque (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 3.2.2** – Manglar de la desembocadura del río Sierpe (izq.) y ranita verdi-roja en la fuente de Sierpe (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 3.3.1** – Plantación de Teca (izq.) y de Palma aceitera (dcha) cerca de Sierpe. Archivo del autor.

**Fotografía 4.2.1** – Represas de la “Abuela” (izq.) y de el “Amarillón” (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.2.2** – Represa de “Pollo Macho”, vista frontal (izq.) y vista trasera (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.2.3** – Detalles laterales de la represa de el “Amarillón”. Archivo del autor.

**Fotografía 4.3.1** – Tanque de almacenamiento (izq.) y detalle del pre-filtro (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.3.2** – Tuberías de derivación junto al pre-filtro (izq.) y tubo entre el “Amarillón” y el pre-filtro (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.3.3** – Pre-filtro (izq.) y detalle de las gavetas del pre-filtro (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.4.1** – Paso aéreo de la conducción sobre el río Sierpe (izq.) y detalle paralelo (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.4.2** – Red de conducción en medio del bosque (izq.) y válvula achicadora en dicho tramo (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.4.3** – Camino a las represas, junto a la verja (izq.) y detalle de un medidor instalado recientemente (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.5.1** – Ejemplo de tanque séptico detrás de una vivienda.

**Fotografía 5.2.1** – Detalle del instrumento de micro-medición (izq.) y uno de ellos instalado (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 4.2.1** – Instalando un medidor en Sierpe (izq.) y visita a la represa de la “Abuela” (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 6.2.1** – Instalando un medidor en Sierpe (izq.) y visita a la represa de “La Abuela” (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía 6.4.1** – Presentación del proyecto en la Asamblea (izq.) y Junta Directiva de la ASADA (dcha). Archivo del autor.

**Fotografía A.2** – Ejemplos del tipo de vallado a instalar alrededor de las captaciones.

**Fotografía A.3** – Imágenes de partes de la actual Red de Conducción. Archivo del autor.

**Fotografía A.4.1** – Represas de “El Amarillón” (izq.) y de “La Abuela” (dcha.). Archivo del autor.

**Fotografía A.4.2** – Represa de “Pollo Macho”, con el vertedero de 1x1 metros. Archivo del autor.

**Fotografía A.5** – Cauce donde se instalarán los primeros mini-diques (arriba-izq.). Archivo del autor. Ejemplos del tipo de dique a colocar en Sierpe. Imágenes de trabajos hidrológicos en Canarias. Archivo de J.L. García.

**Fotografía A.6** – Único Hidrante actualmente instalado en Sierpe. Archivo del autor.

**Fotografía A.7** – Imágenes de la oficina de la ASADA de Sierpe. Archivo del autor.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

## 1.- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

### 1.1- Introducción y Justificación

En la actualidad existe una creciente demanda de agua en Centroamérica, paralela al incremento poblacional, que trae consigo contaminación de fuentes de agua próximas a los núcleos urbanos y a las zonas de cultivo. El agua es un elemento escaso y limitante para el desarrollo, especialmente durante la estación seca, que en el litoral del Pacífico de América Central se extiende desde noviembre a abril. Además, es uno de los recursos naturales más degradados, debido principalmente a la reducción de la cobertura forestal, y cambios en el uso del suelo que reducen la capacidad de captación y almacenamiento de agua en los mantos acuíferos.

El presente Proyecto de Fin de Carrera pretende hacer una evaluación del estado del acueducto (zona de captación, tratamiento, conducción, distribución, consumo y saneamiento) de Sierpe, mediante la realización de un diagnóstico y un análisis de riesgos, y desarrollar las mejoras teniendo en cuenta las condiciones económicas y sociales de la zona. Todo ello siguiendo la metodología de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la elaboración de Planes de Seguridad de Agua (2009) y avalada por el Ministerio de Salud de Costa Rica (2011).

Este trabajo en el ámbito de la cooperación, se integra en el Programa “Comunidad, Agua y Bosque”, operado y financiado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) de Costa Rica; y tiene como base el trabajo elaborado por José Olabarri a lo largo de 2010, titulado “*Plan de Mejora de los Abastecimientos de Agua Comunitarios del Cantón de Osa (Costa Rica)*”, tras el cuál las instituciones costarricenses vieron la necesidad de elaborar un Plan de Seguridad de Agua más concreto para cada una de las comunidades rurales o ASADAs evaluadas.

### 1.2- Objetivos

#### - **Objetivo general del proyecto:**

Elaborar el Plan de Seguridad de Agua para mejorar el abastecimiento y el saneamiento de agua en la comunidad rural de Sierpe, en la costa sur-pacífica de Costa Rica.

#### - **Objetivos específicos:**

Mejorar las condiciones de captación y tratamiento en la cuenca, es decir optimizar la oferta de agua potable a disposición de la comunidad.

Optimizar y regular la distribución y el consumo de agua en la población.

Aplicar las medidas necesarias para garantizar una calidad del agua en condiciones económicamente y logísticamente sostenible.

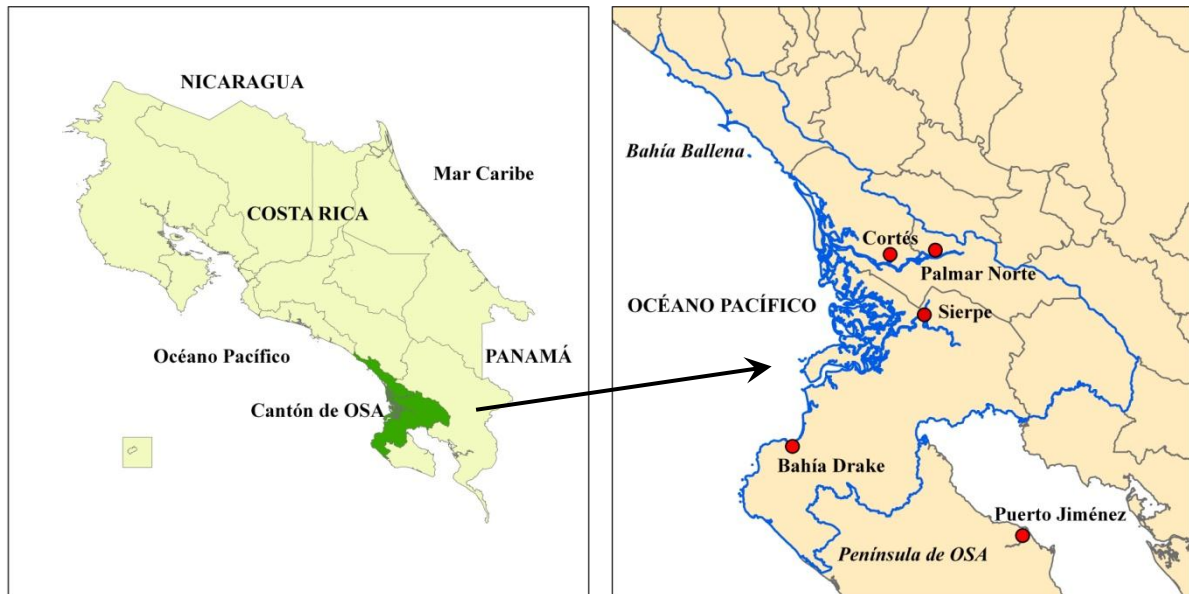
Desarrollar mejoras organizativas para dotar a la ASADA de medios para gestionar eficientemente el acueducto.

Concienciar y capacitar a la comunidad sobre el manejo del recurso hídrico y el saneamiento.

## 2.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

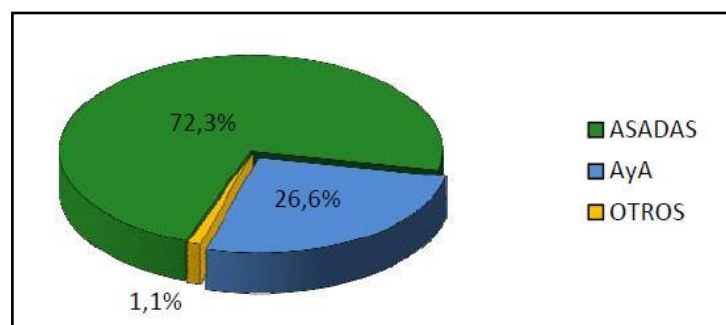
El proyecto que aquí se presenta se lleva a cabo en la comunidad rural de Sierpe, situada en la península de Osa que se ubica entre las coordenadas 8°22' y 8°59' de latitud Norte y entre las coordenadas 83°15' y 83°44' de longitud Oeste. La península de Osa es una zona de gran importancia turística para Costa Rica, y de un inmenso valor medioambiental, al incluir el manglar de mayor biodiversidad y es el segundo en extensión de toda América.

**Figura R.1** – Mapa de Costa Rica (izq) y detalle del Cantón de Osa con las principales comunidades. Elaboración propia.



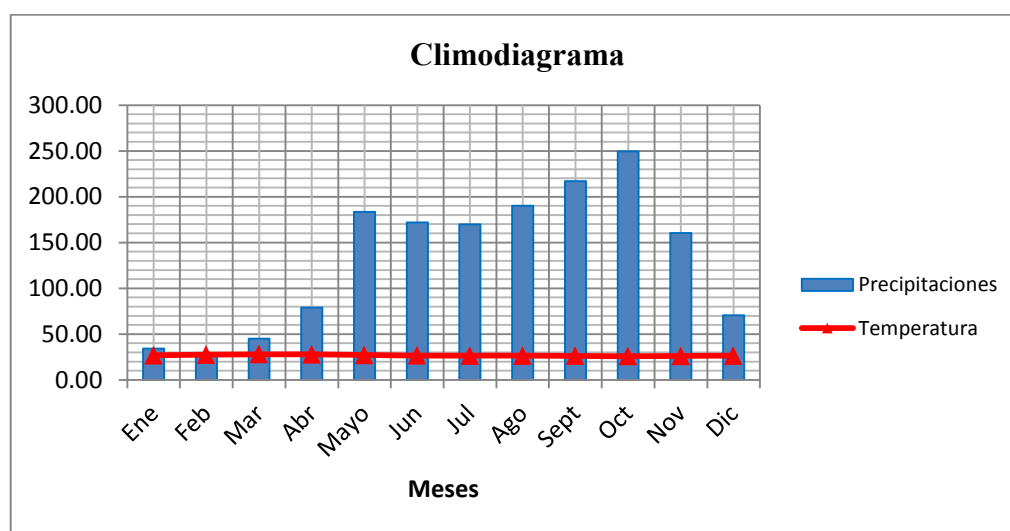
En Osa, el 72,3% de los acueductos están gestionados por ASADAs (Asociación Administradora del Acueducto) porque es un cantón mayoritariamente rural. Las diferentes ASADAs, bajo el control del AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados) administran y mantienen la gestión del agua para las múltiples comunidades rurales. Sierpe es una de esas pequeñas comunidades de algo más de 1.000 habitantes que cuenta con una ASADA cuyo nombre completo es: “ASADA La Gallega y Estero Azul, Sierpe”. Actualmente hay 371 abonados de los cuales el 14% corresponde a comercios y locales públicos, y el resto son viviendas privadas.

**Figura R.2** – Instituciones que gestionan el abastecimiento de agua en el Cantón de Osa (abajo). (Olabarri, 2011).



Las condiciones bio-climáticas de la zona son las propias del clima tropical lluvioso, con una precipitación media anual de 3200 mm y una temperatura media anual de 26,2 °C. El clima se caracteriza por tener una época seca y otra lluviosa, bien diferenciadas. El periodo seco va de diciembre a marzo y hay una disminución relativa de la cantidad de lluvia durante los meses de julio y agosto (veranillo o canícula); mientras que los meses más lluviosos son septiembre y octubre debido principalmente a la influencia de los sistemas ciclónicos, los vientos Monzones provenientes del océano Pacífico ecuatorial y las brisas marinas.

**Figura R.3** – Climodiagrama correspondiente a Palmar Sur. Elaboración Propia.



La cuenca de captación se localiza sobre una zona de suelos de tipo *Ultisoles*, cuyo valor de capacidad de retención de agua (CRA) resulta 155,8 mm, según datos de Holdridge (1971) para una zona cercana y muy similar.

La biosfera de la zona reúne a una diversidad de especies extremadamente alta. Los biólogos estiman que el área contiene unas 10.000 especies de insectos, por lo menos 2.418 especies de plantas, 700 especies de árboles, 140 especies de mamíferos, 367 especies de aves, 117 especies de anfibios y reptiles, y 40 especies de peces de agua dulce (MINAE & FPN 1999). La vegetación se define de tipo *Bosque Húmedo Tropical Basal*, según la clasificación de Holdridge (1967).

En Sierpe habitan unas 1.100 personas, de las cuáles más del 50% llevan más de 45 años de viviendo en la comunidad. Esto significa que tienen un buen conocimiento sobre los recursos físicos (clima, suelo) y sociales (consanguinidad, líderes), inclusive sobre los cultivos que mejor se producen en cada lugar.

Esta comunidad, al igual que todo el sector costero, ha puesto sumo interés en el turismo como una alternativa más y medio de subsistencia. Sin embargo la asistencia por entes gubernamentales ha dejado a la deriva a los pobladores, inclusive con respecto a los servicios básicos, los cuales han logrado obtenerlos por medio de la perseverancia y empeño de los comités formados para la solución de problemas comunales (Proyecto Miramar, 2011).



### 3.- DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS

La cuenca de CAPTACIÓN cubre una superficie de alrededor de 700 ha, que pertenecen en su mayor parte a propietarios privados. El acueducto dispone de unas infraestructuras, para captar, almacenar y gestionar el recurso hídrico. Estas infraestructuras consisten en **3 represas** con las siguientes características:

**Tabla R.1** – Características de las represas del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.

Nombre	Long.	Alt.	Caudal base	CRTM05	Observaciones
El Amarillón	26,5 m	2 m	5,95 l/s	557.360 / 977.747	Uso ordinario, sus aguas pasan por el pre-filtro.
Pollo Macho	7 m	1,50 m	1,01 l/s	557.646 / 978.024	Uso extraordinario, aguas directas al depósito.
La Abuela	8 m	0,80 m	4,29 l/s	557.497 / 978.012	Uso extraordinario, aguas directas al depósito.
			<b>11,25 l/s</b>		

Las estructuras que forman parte del TRATAMIENTO y del ALMACENAJE consisten en un sencillo pre-filtro y un tanque de almacenamiento de 85 m<sup>3</sup>. El pre-filtro se construyó en 2010 y cuenta con 8 gavetas con distintos materiales para el filtrado del agua proveniente de las captaciones, y con un sistema de cloración en el que se colocan siete pastillas, normalmente cada cuatro días. El tanque de almacenamiento, construido en 2007 reúne el agua proveniente del pre-filtro y de las represas. Su volumen de almacenaje es actualmente insuficiente para abastecer (sin entrada nueva de agua) a la comunidad de Sierpe durante tan sólo 12h. Lo que resulta un grave problema, más aún en la época de sequía cuando su llenado resulta más complicado.

La red de CONDUCCIÓN recorre 2.100 m desde el tanque de almacenamiento hasta la comunidad de Sierpe a través del bosque tropical. La conducción del agua se realiza por gravedad, alcanzando un desnivel total de 50 metros. La tubería, justo antes de llegar a Sierpe, cruza el río con el mismo nombre, colgando de una catenaria de 125 m de longitud que sostiene el tubo de 100 mm sobre el río con unos cables.

En Sierpe, la red de DISTRIBUCIÓN presenta tramos que son mallados, pero entre los barrios la red se une de forma arborescente o lineal. Este sistema no permite cortar el agua para un sector específico del sistema de abastecimiento a la comunidad, en caso de que exista algún problema.

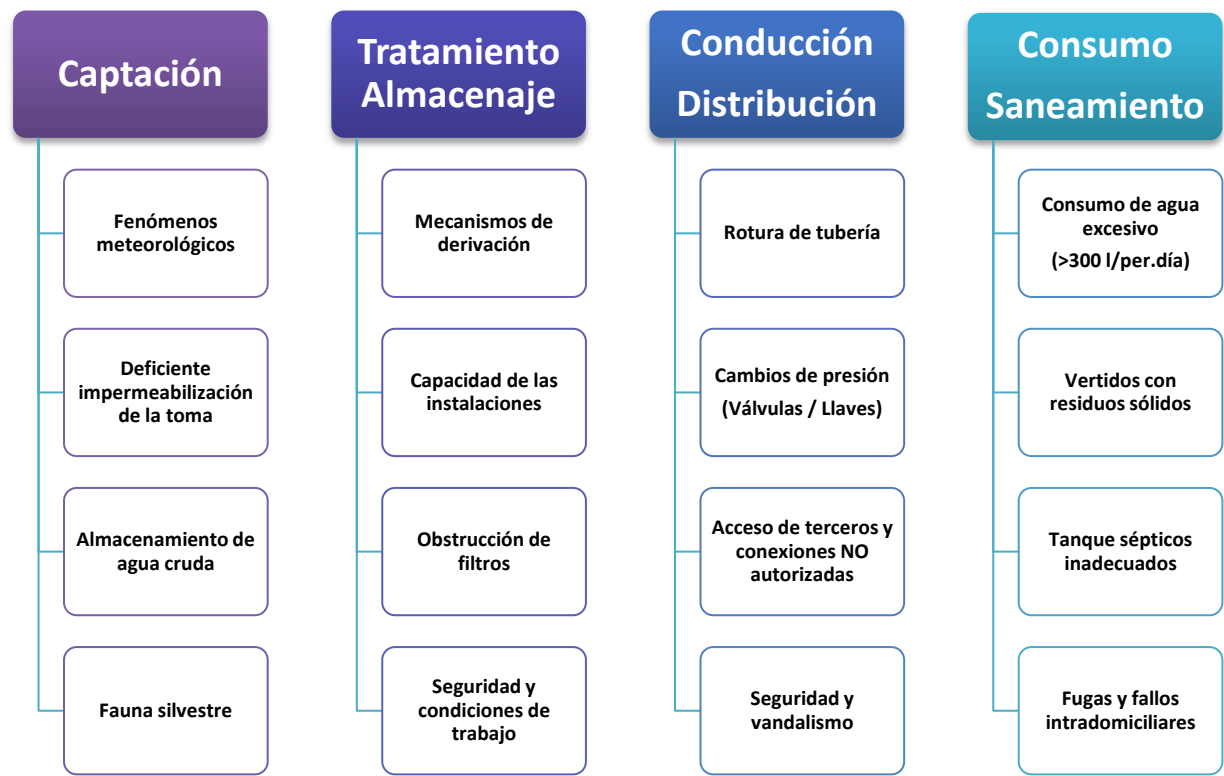
Las costumbres locales en cuanto a los usos del agua para CONSUMO y SANEAMIENTO se obtuvieron mediante una encuesta realizada por la Asociación Centroamericana para la Salud y el Ambiente (ACEPESA) el año 2011, visitando 100 viviendas y entrevistando a 360 personas.

Un aspecto fundamental en el abastecimiento de agua para consumo es ofrecer un agua de calidad, bajo los estándares y controles exigidos por la normativa costarricense. El último análisis realizado (con fecha: Marzo de 2011) muestra que existe un elevado número de coliformes fecales en el agua, los cuales pueden producir enfermedades gastrointestinales. Además no se detectó Cloro residual, lo que significa que la cloración no es suficiente y por tanto no se eliminan los microorganismos. Y por último se constató que la turbidez es muy elevada, uno de los problemas de los que se reciben más quejas por parte de la población hacia los gestores de la ASADA.



**Fotografías R.1:** De izq. a dcha. en orden descendente:  
 Represa de “Pollo Macho” y Tanque de almacenamiento.  
 Pre-filtro junto a las válvulas de gestión y Detalle del paso sobre el río Sierpe de la Conducción.  
 Instrumento de micro-medición instalado recientemente y ASADA de Sierpe.

Análisis de Riesgos del acueducto de Sierpe:



#### 4.- PLAN DE MEJORAS Y PRESUPUESTOS

El Plan de Mejoras se divide en cuatro ejes estratégicos en los cuales se desarrollan las propuestas de actuación. Se sigue esta metodología para adaptarse a los requerimientos de las organizaciones de Cooperación al Desarrollo y facilitar la elaboración de las matrices de planificación. También se debe a que fue según estos ejes como se estructuró el Plan de Mejora de los Abastecimientos de Agua Comunitarios del Cantón de Osa (Costa Rica), Olabarri (2011), el que se enmarca el presente Proyecto.

Los cuatro ejes estratégicos quedan definidos de la siguiente manera:

- **Mejora de la Calidad del agua**, que consistirá en llevar a cabo actuaciones con el objetivo de asegurar un agua de calidad para el consumo humano en la comunidad.
- **Mejora de la Oferta de agua** mediante actuaciones que regulen de forma óptima los caudales y permitan una gestión más eficiente del recurso.
- **Mejoras Organizativas y de Seguridad**, que dotarán a los gestores de la ASADA de los medios necesarios para mantener el funcionamiento correcto del acueducto.
- **Mejoras Económicas**, que conllevarán una serie de actuaciones para alcanzar una sostenibilidad económica de la ASADA de Sierpe y del resto de ASADAs del Cantón de Osa.

Las mejoras que se han de efectuar en el acueducto rural no tienen todas el mismo grado de importancia, es decir que existe una priorización de ciertas actuaciones sobre otras dependiendo de factores temporales, financieros y de máxima necesidad. Para organizar esta priorización se decidió establecer 3 niveles temporales atendiendo a criterios de necesidad de la actuación y presupuesto económico para llevarla a cabo.

##### ***Prioridad 1 → Medidas de extrema urgencia.***

**Tabla R.2** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 1 (Medidas de extrema urgencia). Elaboración propia.

<b>Eje estratégico</b>	<b>Mejora</b>	<b>Coste</b>
Calidad	Cloración correcta, segura y sostenible.	2.161.380 €/año
Calidad-Seguridad	Vallado perimetral de las captaciones.	1.343.123,04 €
Calidad	Cambio de la Red de conducción.	1.281.035,18 €
Oferta	Construcción de una serie de mini-diques de gavión.	779.750,86 €
Oferta	Instalación de un gran medidor de 4’.	754.300,00 €
Seguridad	Colocar una escalera de metal.	25.000,00 €
Calidad	Cambio de posición de la tubería que toma el agua.	20.123,19 €
Organizativa	Campañas de sensibilización al ahorro y conservación del recurso hídrico.	20.000,00 €
Organizativa	Actualización del Croquis de la ASADA con los datos mensuales de consumo.	-----
Organizativa	Contabilidad mensual de las cuentas de la ASADA.	-----
Organizativa	Realizar un aforo mensual de Caudales aguas arriba de las captaciones.	-----



**Prioridad 2 → Medidas recomendables a corto plazo.****Tabla R.3** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 2 (Medidas recomendables a corto plazo). Elaboración propia.

<b>Eje estratégico</b>	<b>Mejora</b>	<b>Coste</b>
Oferta	Instalación de 307 instrumentos de micro-medición.	15.350.000,00 ¢
Oferta	Elevación de la altura de las represas.	9.128.981,17 ¢
Seguridad	Mejorar las condiciones en la Oficina de la ASADA.	966.778,68 ¢
Calidad	Análisis en los periodos establecidos y recomendados.	240.000 ¢/año
Organizativa	Reabrir el Comité de PSA, para promover la implicación social.	-----
Económica	Idoneidad para el manejo de fondos públicos.	-----

**Prioridad 3 → Medidas a tomar a medio-largo plazo.****Tabla R.4** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 3 (Medidas a tomar a medio-largo plazo). Elaboración propia.

<b>Eje estratégico</b>	<b>Mejora</b>	<b>Coste</b>
Económica	Confederación de ASADAs de OSA.	1.063.000 ¢/año
Organizativa	Dotación de un vehículo para la ASADA.	5.000.000 ¢
Seguridad	Instalación de hidrantes en toda la comunidad.	5.445.000 ¢

Tras la exposición de las diferentes actuaciones que se recomienda deben llevarse a cabo en el acueducto de Sierpe, para avanzar en el Plan de Seguridad de Agua para esta comunidad, se pretende obtener la financiación necesaria que permita llevar a cabo dichas mejoras. Como puede observarse en la siguiente tabla, las medidas de extrema urgencia suponen menos de 13.000\$, por lo que con una pequeña inversión se pueden mejorar notablemente las condiciones actuales del acueducto.

Prio.1 → Medidas de extrema urgencia.	6.384.712,27 ¢	12.749,42 \$
Prio.2 → Medidas recomendables a corto plazo.	25.685.759,85 ¢	51.371,52 \$
Prio.3 → Medidas a tomar a medio-largo plazo.	11.508.000,00 ¢	23.016,00 \$

El presupuesto Total para cubrir todas las mejoras propuestas en este proyecto sería de:

<b>87.136,94 \$</b>
---------------------

## **MEMORIA**

## **1.- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO**

### **1.1 Introducción:**

En la actualidad existe una creciente demanda de agua en Centroamérica, paralela al incremento poblacional, que trae consigo contaminación de fuentes de agua próximas a los núcleos urbanos y a las zonas de cultivo. El agua es un elemento escaso y limitante para el desarrollo, especialmente durante la estación seca, que en el litoral del Pacífico de América Central se extiende desde noviembre a abril.

El agua es uno de los recursos naturales más degradados, debido principalmente a la reducción de la cobertura forestal, y cambios en el uso del suelo que reducen la capacidad de captación y almacenamiento de agua en los mantos acuíferos. En consecuencia, se observa una tendencia en aumento, del número de fuentes de agua en las que su caudal disminuye considerablemente o se secan en la época seca.

El Proyecto de Fin de Carrera que a continuación se desarrolla, pretende hacer una evaluación del estado del acueducto (zona de captación, tratamiento, conducción, distribución, consumo y saneamiento) de Sierpe, mediante la realización de un diagnóstico y un análisis de riesgos, y desarrollar las mejoras teniendo en cuenta las condiciones económicas y sociales de la zona. Todo ello siguiendo la metodología de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la elaboración de Planes de Seguridad de Agua (2009) y avalada por el Ministerio de Salud de Costa Rica (2011).

## 1.2 Antecedentes:

El presente Proyecto de Fin de Carrera se integra en el Programa “Comunidad, Agua y Bosque”, operado y financiado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Universidad de Costa Rica, con el apoyo de la AECID y del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) de Costa Rica. El CONARE está formado por la Universidad de Costa Rica (UCR), la Universidad Nacional (UNA), la Universidad Estatal a Distancia (UNED) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica. El Programa “Comunidad, Agua y Bosque”, tiene como objetivos generales:

- 1-. Conocer y monitorear el recurso hídrico de la Zona Sur de Costa Rica.
- 2-. Desarrollar un modelo de gestión y administración de dicho recurso.

La base de este proyecto es el trabajo elaborado por José Olabarri a lo largo de 2010, titulado “*Plan de Mejora de los Abastecimientos de Agua Comunitarios del Cantón de Osa (Costa Rica)*”, que tenía como objetivo principal “establecer un Plan de Mejora integral para los abastecimientos de agua comunitarios del cantón de Osa en el Pacífico Sur de Costa Rica que pudiera ser de utilidad a las instituciones rectoras para optimizar la calidad del servicio de agua en la región”. Tras la presentación de este documento, las instituciones costarricenses vieron la necesidad, siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de elaborar un Plan de Seguridad de Agua más concreto para cada una de las comunidades rurales o ASADAs evaluadas.

Las instituciones con las que se colaboré en el trabajo de campo fueron tres:

- 1 Universidad de Costa Rica (Dr. Javier Bonatti González).
- 2 Ministerio de Salud de la Región Brunca (D. José Edgar Ortega).
- 3 ASADA “La Gallega y Estero Azul, Sierpe” (D. Marcos Murillo Meza).

Todos estos proyectos se desarrollan íntegramente en el marco de la Cooperación Internacional que dirige la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), en su proyecto de “Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica”.



### 1.3 Objetivos

- **Objetivo general del proyecto:**

Elaborar el Plan de Seguridad de Agua para mejorar el abastecimiento y el saneamiento de agua en la comunidad rural de Sierpe, en la costa sur-pacífica de Costa Rica.

- **Objetivos específicos:**

Mejorar las condiciones de captación y tratamiento en la cuenca, es decir optimizar la oferta de agua potable a disposición de la comunidad.

Optimizar y regular la distribución y el consumo de agua en la población.

Aplicar las medidas necesarias para garantizar una calidad del agua en condiciones económicamente y logísticamente sostenible.

Desarrollar mejoras organizativas para dotar a la ASADA de medios para gestionar eficientemente el acueducto.

Concienciar y capacitar a la comunidad sobre el manejo del recurso hídrico y el saneamiento.

### 1.4 Beneficiarios y otros actores implicados:

El conjunto de habitante de la comunidad de Sierpe serán los beneficiarios directos de este proyecto. Además al haberse sentido partícipes de su elaboración, por las diversas actividades participativas desarrolladas, verán como suyas las mejoras que se alcancen con la ejecución de las obras y actividades que aquí se presentan.

De modo indirecto, todos los visitantes, turistas y futuros vecinos de la zona obtendrán unas condiciones de bienestar más saludables durante los periodos que pasen en la región, lo que supondrá un impulso para esta importante fuente de ingresos como es el turismo.

Este documento servirá además de base o modelo para continuar la elaboración de los Planes de Seguridad de Agua para el resto de comunidades del Cantón de Osa, y otros cantones del Pacífico-Sur de Costa Rica.

## 1.5 Justificación

El derecho internacional a disfrutar de un medio ambiente adecuado y de su protección, quedaron reflejados en la Declaración de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972), estableciéndose un derecho del hombre a “condiciones de vida satisfactorias en un ambiente cuya calidad le permita vivir con dignidad y bienestar”. Y como contrapartida a este derecho, se establece el “deber solemne de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras”.

Entre los Objetivos de Desarrollo del Milenio, propuestos por las Naciones Unidas para el año 2015, se establece como Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. El presente PFCD se alinea, como se establece en el Objetivo General, con las metas que la cooperación internacional propone para alcanzar dicho objetivo del milenio: “Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente” y “Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”.

Según el Art. 21 de la Declaración de Derechos Humanos, “Toda persona tiene derecho a participar en el gobierno de su país, directamente o por medio de representantes libremente escogidos. Toda persona tiene el derecho de acceso, en condiciones de igualdad, a las funciones públicas de su país”. En base a este artículo, se ha pretendido dar una gran importancia a la participación ciudadana en las decisiones y por ello se dedica un capítulo específico a la Investigación-Acción Participativa.

## 2.- RESEÑAS DE COSTA RICA

### 2.1 Introducción al país

Costa Rica, uno de los países de Centroamérica, se localiza entre las coordenadas geográficas 8° a 11° de latitud norte y 82° a 85° de longitud oeste, limitando al norte con Nicaragua, al sur con Panamá, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico. Costa Rica tiene una superficie total de 51.100 km<sup>2</sup>.

Fue uno de los primeros países en independizarse de España, el 15 de Septiembre de 1821. Actualmente se considera a Costa Rica como una de las democracias más consolidadas de América Latina. La población total del país asciende a algo más de 4 millones de habitantes, con un crecimiento anual del 1,4%, pero esta se concentra principalmente en el Valle Central, en las ciudades de Alajuela, Heredia, Cartago y la capital San José, que son los principales centros económicos del país.



**Fotografía 2.1.1** – Museo Nacional de Costa Rica, San José (izq.) y Basílica de Ntra.Sra. de los Ángeles, Cartago (dcha).  
Archivo del autor.

Costa Rica es un país con importantes accidentes orográficos, con altitudes que varían desde el nivel del mar hasta casi 4.000 m en un espacio muy pequeño, lo que provoca variables climáticas muy diversas entre las dos vertientes, caribeña y pacífica. A esto se unen las formaciones volcánicas, varias de ellas aún activas y el fenómeno de El Niño, que cíclicamente afecta a toda el área pacífica de América del Sur, provocando desequilibrios en las series de precipitación, con grandes aguaceros y sequías largas y pronunciadas. Esta amplia variabilidad climática hace que en Costa Rica encontremos 4 tipos de biotopos principalmente: Bosque seco, Bosque nuboso, Bosque tropical lluvioso del Pacífico y Bosque lluvioso del Caribe.

El Cantón de Osa, donde se ha desarrollado este PFCD, se ubica al suroeste de Costa Rica, en la provincia de Puntarenas y posee una superficie de 1.892 km<sup>2</sup>. Se divide en cinco distritos: Bahía Ballena, Cortés, Palmar, Sierpe y Piedras Blancas.

## 2.2 Economía y Desarrollo humano.

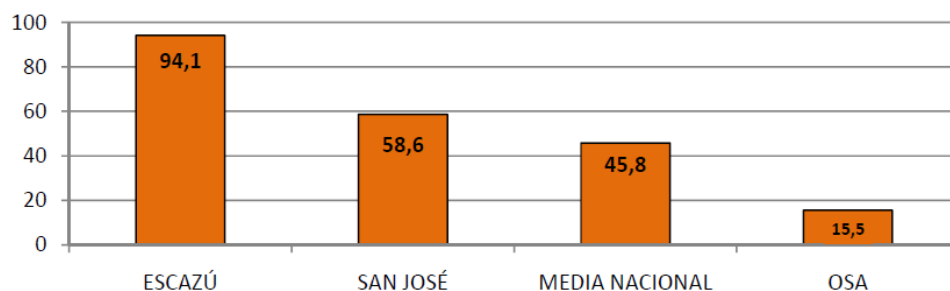
Costa Rica ha sufrido una fuerte evolución en su economía, pasando de ser un país eminentemente agrícola, a una economía de servicios. Continúan siendo importantes los ingresos por exportaciones de café, azúcar, cacao y la piña pero el turismo se ha convertido en la industria con mayor crecimiento y desde inicios de la década de 2000 genera más divisas que cualquiera de los principales productos agrícolas de exportación.



**Fotografía 2.2.1** – Esferas precolombinas en Finca 6 (izq.) y antigua máquina de vapor de la Compañía Bananera (dcha).  
Archivo del autor.

A pesar de ocupar el lugar 62 en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2009), existe una gran diferencia de riqueza dentro del propio país, principalmente entre las poblaciones del Valle Central y el ámbito rural, como es la zona del Pacífico Sur. En la Figura 2.2.1 se representa el IDS (Índice de Desarrollo Social) y puede apreciarse la desventaja de Osa frente a la media nacional y otros cantones representativos.

**Figura 2.2.1** – Índices de Desarrollo Social de algunas áreas de Costa Rica y media nacional. (Olabarri, 2011).



La instalación de la United Fruit Company (antigua empresa bananera trasnacional estadounidense, UFCO) en los años 1930, supuso una competencia con los antiguos agricultores por el control de las llanuras aluviales, fértiles ya humanizadas y bajo cultivo de Osa. El Estado costarricense mediante los contratos bananeros sacrificó a los productores independientes y las posibilidades de un desarrollo autóctono, permitiendo la absorción de aquellos y la asignación de las mejores tierras a la Compañía multinacional. En Osa se

produjo un ordenamiento del territorio en función de la mata de banano. Las divisiones en distritos y fincas se convirtieron en las unidades administrativas territoriales a falta de una mayor definición institucional por parte del Estado costarricense. El cese de las actividades bananeras a mediados de los años 1980 abrió una crisis regional que aún no se ha cerrado. El Estado reaccionó ante las invasiones de fincas mediante el establecimiento de asentamientos campesinos gestionados por el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) que pretendieron implantar el cultivo de la palma africana en tierras donde se cultivó el banano (Royo Aspa, 2008).

Aún hoy es evidente en el territorio la huella de la antigua Compañía bananera, en la estructura administrativa, viviendas, infraestructuras, comentarios de la población local, etc. Después del abandono de la UFCO, el cantón de Osa se enfrenta todavía hoy a una situación de abandono institucional ya que era antiguamente la Compañía bananera la que ejercía el rol y las competencias del Estado. Por tanto, actualmente las comunidades rurales de Osa deben administrar por sí mismas la mayoría de los servicios públicos, con una clara situación de desigualdad frente a otros territorios del país.



**Fotografía 2.2.2** – Camino de Sierpe a Miramar (izq.) y visita a la fuente de Miramar (dcha). Archivo del autor.

Como dato curioso y anecdótico señalar que, según la Fundación Nueva Economía (NEF), Costa Rica ocupa el primer lugar en el Índice del Planeta Feliz (HPI) en 2012. Este índice está basado en la expectativa de vida, la percepción subjetiva de felicidad y la huella ecológica. Dicha distinción también le fue otorgada el año 2009.

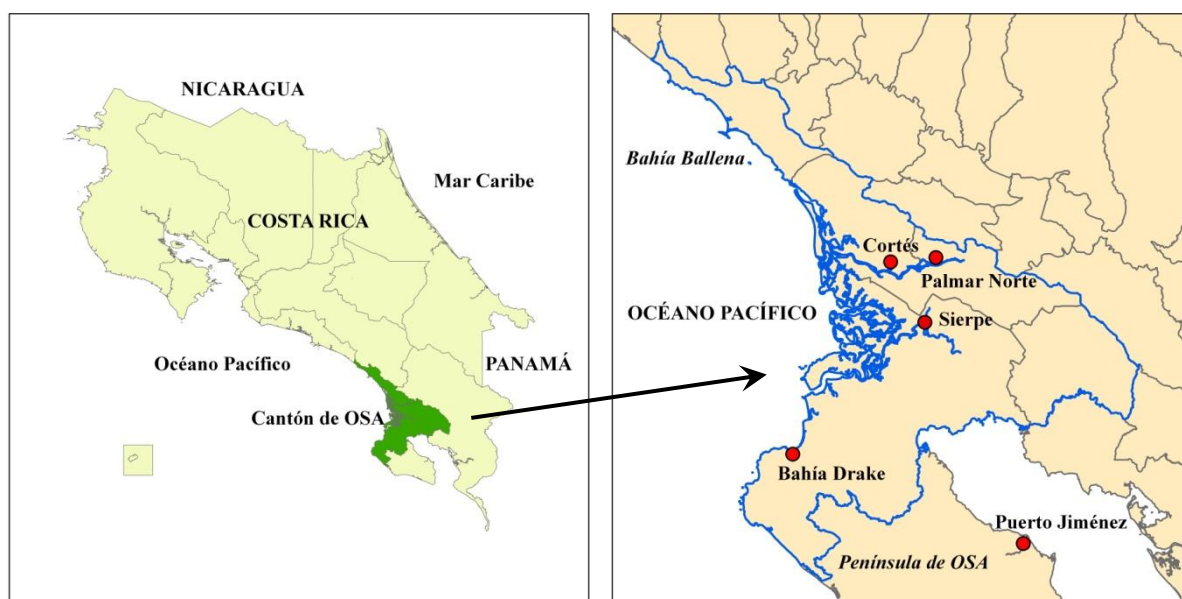


### 3.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1 Situación geográfica y organización administrativa

El proyecto que aquí se presenta se lleva a cabo en la comunidad rural de Sierpe, situada en la península de Osa, en la costa sur-pacífico de Costa Rica. En esa zona tiene una gran importancia en turismo internacional, al ser reconocida como la zona biológica más rica de Mesoamérica. La península de Osa se ubica entre las coordenadas 8°22' y 8°59' de latitud Norte y entre las coordenadas 83°15' y 83°44' de longitud Oeste. Administrativamente, la península de Osa, o también llamada Península de Corcovado, queda englobada dentro de los cantones de Osa y Golfito, como puede verse en el mapa siguiente.

**Figura 3.1.1** – Mapa de Costa Rica (izq) y detalle del Cantón de Osa con las principales comunidades. Elaboración propia.



Este exótico territorio no está exento de amenazas debido a la fragmentación y destrucción del hábitat, deforestación por la explotación de la madera y mal planeamiento en el uso de la tierra, extracción ilegal de recursos, entre ellos el oro y el crecimiento de la población en sus alrededores. En 1975 se creó el Parque Nacional Corcovado, el más importante de Costa Rica. Este es un lugar es considerado como una de las más importantes reservas en América, ya que incluye el manglar de mayor biodiversidad y es el segundo en extensión del continente.

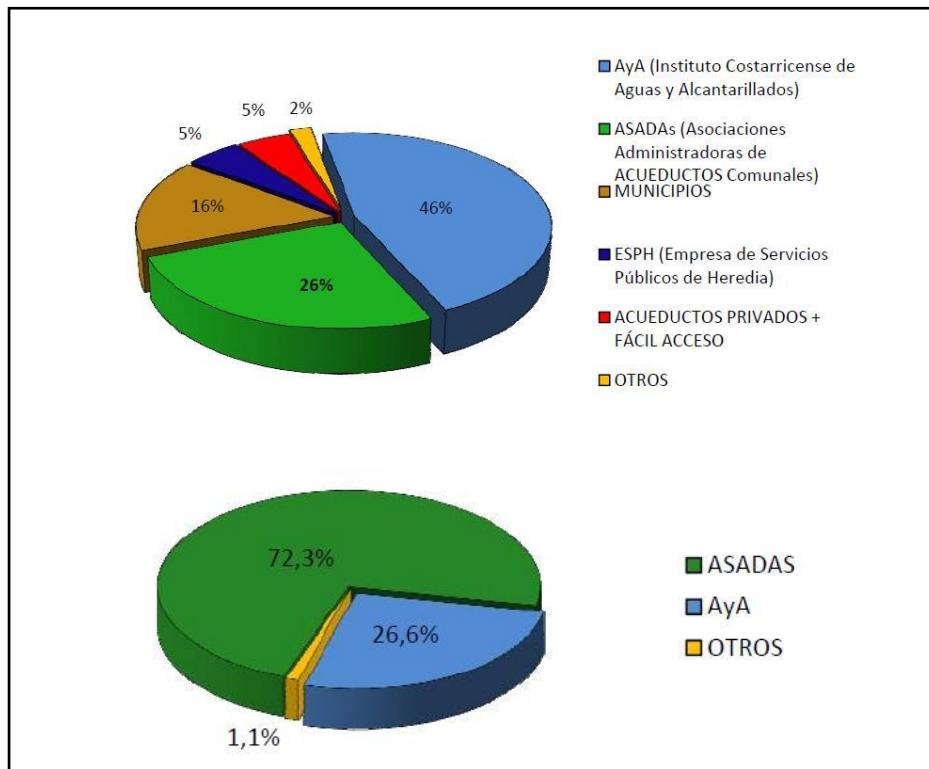
El Parque Nacional protege a un tercio de la península; sin embargo, la explotación de recursos naturales aun dentro de este y otros parques continúa degradando el bosque. La minería de oro, el principal motor económico de la región especialmente durante la fiebre del oro en los años 30, dejó depósitos y túneles en el área, así como ríos y quebradas contaminadas. El talado de árboles tanto legal como ilegal amenaza la riqueza natural de la zona. En los últimos años algunos propietarios, conscientes de la importancia que tienen los recursos forestales han certificado sus terrenos y reciben Pagos por Servicios Ambientales (PSA) con las condiciones de conservación que conlleva.

### 3.- Descripción de la Zona de estudio

Entre 1940 y 1995, la península pasó de estar cubierta en un 81% por bosque, a un 55%, es decir, una reducción del bosque en aproximadamente 40.000 hectáreas. En el mismo período la población pasó de 2.000 habitantes a 11.000. El 72% de la fuerza de trabajo se ocupa de labores agrícolas.

En Costa Rica la gestión del agua, tanto el abastecimiento para consumo humano como el saneamiento, se encuentra muy descentralizada. Como se observa en la Figura 3.1.2, principalmente es competencia del organismo estatal “Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)”, pero en algunas comunidades rurales existe una entidad denominada ASADA (Asociación Administradora del Acueducto) que bajo el control del AyA administra y mantiene la gestión del agua para esa comunidad. El principal problema de estas ASADAs es el escaso “poder económico” que tienen, lo que no les permite generalmente afrontar grandes mejoras sin ayudas externas. Además el AyA no lleva a cabo las regulaciones ambientales y sanitarias pertinentes sobre el acueducto para mantener las condiciones de calidad de agua exigibles.

**Figura 3.1.2** – Instituciones que gestionan el abastecimiento de agua, a nivel nacional (arriba) y en el Cantón de Osa (abajo). (Olabarri, 2011).



En Osa, el 72,3% de los acueductos están gestionados por ASADAs porque es un cantón mayoritariamente rural. Sierpe es una pequeña comunidad de algo más de 1.000 habitantes que cuenta con una ASADA cuyo nombre completo es: “ASADA La Gallega y Estero Azul, Sierpe”. Actualmente hay 371 abonados de los cuales el 14% corresponden a comercios y locales públicos, y el resto son viviendas privadas.



**Fotografía 3.1.1** – Oficina de la ASADA “La Gallega y Estero Azul, Sierpe”. Archivo del autor.

En el ámbito administrativo, Sierpe pertenece a la municipalidad de Cortés, dentro de la Región Brunca. La elaboración del Plan de Seguridad de Agua para este tipo de comunidades rurales, como Sierpe, es una exigencia del Ministerio de Salud de la Región Brunca, con cuyo representante en Palmar Sur, el señor José Edgar Ortega trabajé intensamente durante mi estancia en Costa Rica. Uno de los primeros estudios para evaluar la situación del abastecimiento de agua en la zona del Cantón de Osa, corresponden al trabajo de José Olabarri a finales del año 2010, como se explicó anteriormente.



### 3.2 Características del medio físico

Situándonos concretamente en la zona de estudio, la captación del agua para el acueducto se localiza 2,5 km al sur de la comunidad de Sierpe, en una micro-cuenca que recoge la gran cantidad de agua que precipita en la zona. Las condiciones bio-climáticas son las propias del clima tropical lluvioso, con una precipitación media anual de 3200 mm y una temperatura media anual de 26,2 °C.

El clima se caracteriza por tener una época seca y otra lluviosa, bien diferenciadas. El periodo seco va de diciembre a marzo, mientras que la época lluviosa se alarga desde mayo hasta octubre, siendo abril y noviembre meses de transición. Presenta una disminución relativa de la cantidad de lluvia durante los meses de julio y agosto (veranillo o canícula) cuando se intensifica la fuerza del viento Alisio.

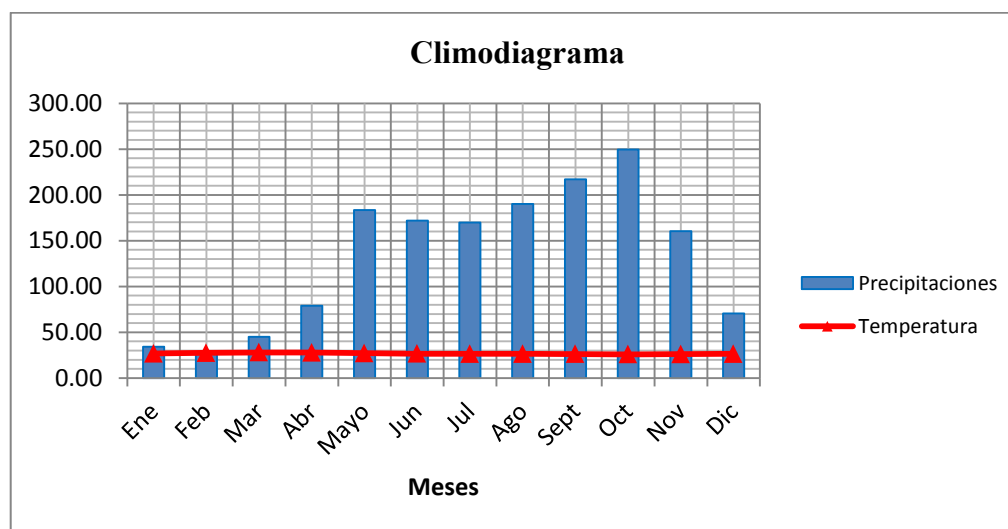
Los meses más lluviosos son septiembre y octubre debido principalmente a la influencia de los sistemas ciclónicos, los vientos Monzones provenientes del océano Pacífico ecuatorial y las brisas marinas, que son responsables de las lluvias intensas cuando unen su efecto a las barreras orográficas (Muñoz *et al.* 2002).

**Tabla 3.2.1** – Medias mensuales de Temperaturas y Precipitaciones en Palmar Sur. (ASIS del Aeropuerto, 2011).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Temp.</b>	26,2	26,7	27,2	27,1	26,5	26,0	26,0	26,0	25,7	25,4	25,5	25,9
<b>Precip</b>	40,7	48,1	84,5	232,1	364,5	352,8	361,2	336,2	596,8	644,5	370,6	126,2

De forma gráfica, el Climodiagrama correspondiente a la zona es el siguiente:

**Figura 3.2.1** – Climodiagrama correspondiente a Palmar Sur. Elaboración Propia.



La humedad relativa del aire varía como promedio entre el 66% en el mes más seco (Febrero) y el 91% durante el mes más lluvioso (Octubre), lo que supone unos valores bastante elevados de humedad a lo largo de todo el año.

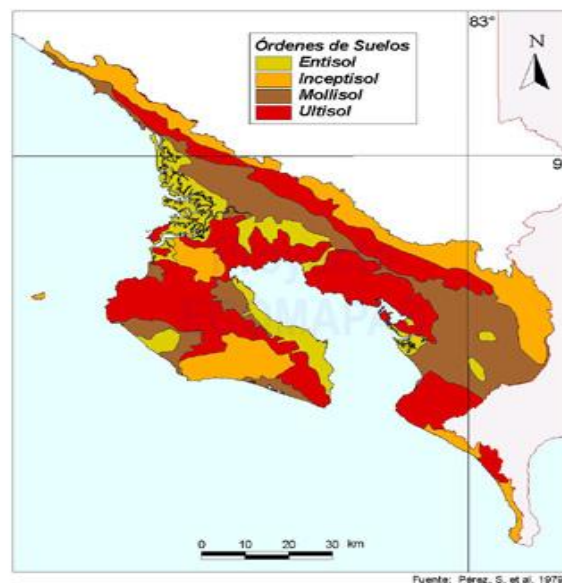
### 3.- Descripción de la Zona de estudio

En la zona encontramos una vegetación de tipo *Bosque Húmedo Tropical Basal*, según la clasificación de Holdridge (1967). Un estrato arbóreo dominante con alturas que rondan los 25-30 m y numerosas especies epífitas. También encontramos varias especies de palmáceas. Esta cubierta vegetal tan espesa y estratificada frena el agua de precipitación y así se minimizan los posibles problemas derivados de la escorrentía superficial.

Respecto al tipo de suelo, en la zona podemos diferenciar dos tipos, uno en las zonas bajas y llanuras de inundación, llamados Entisoles y otro tipo en las áreas boscosas algo más elevadas, Ultisoles.

- *Entisoles*: Sus características son de suelos recientes con poco desarrollo de horizontes, en el que sólo hay un epipedon ocrizo, (amarillento), u horizonte mínimo por acción del hombre. Son del suborden Orthent, que se forman en climas calientes tropicales y terrenos escarpados con pendiente de más de 60%.
- *Ultisoles*: Sus características son de suelo con un horizonte argílico, (20% de aumento en el contenido de arcillas en la sección de control), con menos de un 35% de saturación de bases en la sección de control. Generalmente profundos, bien drenados de color rojo o amarillo y relativa baja fertilidad. Son del suborden Humult, que se forman en climas calientes tropicales y terrenos de moderado a fuertemente ondulados.

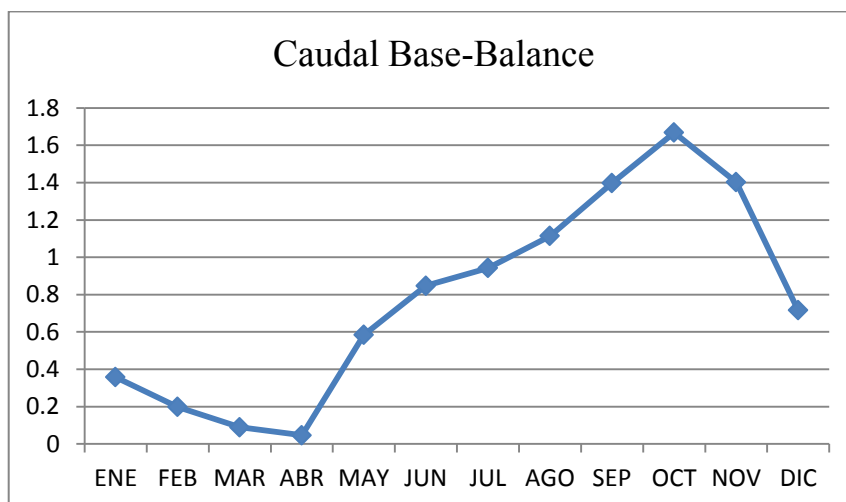
**Figura 3.2.2** – Mapa de Suelos para los Cantones de Osa y Golfito. (ASIS del Aeropuerto, 2011).



La cuenca de captación se localiza sobre una zona de suelos de tipo *Ultisoles*. Según datos de Holdridge (1971) para una serie de perfiles lateríticos realizados en zonas relativamente próximas (Drake y Rincón), que podemos asumir como similares a la cuenca de Sierpe, el valor de capacidad de retención de agua (CRA) resulta 155,8 mm.

Este valor de CRA permite elaborar el Balance hídrico para la cuenca y estimar un caudal base, como se observa en la Figura 3.2.3, siguiente:

**Figura 3.2.3** – Gráfico, resultante del Balance hídrico, del Caudal base mensual estimado para la fuente de Sierpe.  
Elaboración propia.



Como se observa los meses de Febrero – Abril, el caudal es inferior a 0,2 m<sup>3</sup>/s y aunque el cauce no llega a secarse, el abastecimiento de agua a la comunidad de Sierpe puede verse afectado y producirse sequía socioeconómica, que consiste en la escasez de agua para las personas y para la actividad económica, como consecuencia de la creciente presión humana sobre el recurso hídrico.

En la península de Osa encontramos uno de los Parques Nacionales más simbólicos y conocidos de Costa Rica, el **P.N. de Corcovado**, que junto con la Reserva Biológica Isla del Caño, cubren una superficie terrestre y marina superior a las 50.000 ha. Este recurso un valor mundial científico y con un potencial de conservación sobresalientes.

Recientemente se descubrió que Golfo Dulce, ubicado al oeste de Corcovado, es un área de crianza de poblaciones de ballenas grises o jorobadas del Pacífico norte y sur (ver Acevedo 1995). Esta circunstancia es única a escala mundial, y podría ser esencial para la preservación de la biodiversidad genética de estas especies amenazadas. Tanto Corcovado como la Península de Osa poseen una diversidad de especies extremadamente alta. Los biólogos estiman que el área contiene unas 10.000 especies de insectos, por lo menos 2.418 especies de plantas, 700 especies de árboles, 140 especies de mamíferos, 367 especies de aves, 117 especies de anfibios y reptiles, y 40 especies de peces de agua dulce (MINAE & FPN 1999). Existen alrededor de 49 especies de árboles en peligro de extinción, de los cuales al menos 12 son especies endémicas de Costa Rica (MINAE & FPN 1999). Asimismo, la Península de Osa es el hogar de 18 especies de aves endémicas. Corcovado también posee poblaciones viables de grandes mamíferos en peligro de extinción tales como el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*), el manigordo (*Felis pardalis*), el chanco de monte o cariblanco (*Tayassu pecari*) y la danta (*Tapirus bairdii*). La preservación de la riqueza y diversidad biológica de Corcovado, permitiría el futuro reconocimiento y comprensión de los complejos procesos naturales que caracterizan esta área ecológicamente única.

Aunque en el pasado la actividad minera amenazó la integridad del ecosistema al degradar la calidad del agua y causar la sedimentación, esta actividad ha sido detenida en gran parte y el ecosistema se está recuperando. No ha habido estudios sobre el efecto del cambio climático en

### 3.- Descripción de la Zona de estudio

el parque, sin embargo, las grandes áreas boscosas como el P.N. Corcovado y la Península de Osa son sitios importantes para el secuestro de carbono y probablemente jugarán un papel importante en la estabilización del clima global. (Corcovado Foundation, 2002).

Además del Parque Nacional de Corcovado, en la península de Osa, la desembocadura del río Sierpe forma uno de los mayores manglares de toda América por extensión y el más importante por el buen estado de conservación y la enorme cantidad de especies que en él habitan, muchas de las cuales coinciden y comparten hábitat con las del P.N. de Corcovado.



**Fotografía 3.2.1** – Interior del P.N. Corcovado (izq.) y Oso hormiguero en el mismo parque (dcha). Archivo del autor.



**Fotografía 3.2.2** – Manglar de la desembocadura del río Sierpe (izq.) y ranita verdi-roja en la fuente de Sierpe (dcha).  
Archivo del autor.



### 3.3 Características socioeconómicas

Sierpe posee una población cercana a los 1.100 habitantes, que se distribuye a lo largo de los 6 barrios o sectores de la comunidad (Sierpe Centro, Pueblo Nuevo, Villas de Sierpe, Ciudadela Fidel Martínez, Estero Azul y La Gallega). Más del 50% de los habitantes llevan más de 45 años de viviendo en la comunidad. Esto significa que tienen un buen conocimiento sobre los recursos físicos (clima, suelo) y sociales (consanguinidad, líderes), inclusive sobre los cultivos que mejor se producen en cada lugar.

La principal ocupación en la comunidad de Sierpe está relacionada con el turismo (capitanes de Botes, Guías turísticos, Restaurantes, Cabinas y Hoteles para el hospedaje de los visitantes), ya que Sierpe es una de las principales entradas al P.N. Corcovado, a la Reserva Biológica Isla del Caño y al manglar. Aparte del turismo, la otra ocupación principal es el sector primario, los jóvenes de bajo nivel cultural trabajan como peones en zonas agrícolas y ganaderas, en empresas privadas de palma aceitera (Palmatica) o de explotaciones forestales de Teca (T.A.T.F.S.A). La pesca artesanal, la extracción de moluscos (Piangua) y la construcción, son otras actividades pero más ocasionales.



**Fotografía 3.3.1** – Plantación de Teca (izq.) y de Palma aceitera (dcha) cerca de Sierpe. Archivo del autor.

Esta comunidad al igual que todo el sector costero ha puesto sumo interés en el turismo como una alternativa más como medio de subsistencia, sin embargo la asistencia por entes gubernamentales ha dejado a la deriva a los pobladores, inclusive con respecto a los servicios básicos, los cuales han logrado obtenerlos por medio de la perseverancia y empeño de los comités formados para la solución de problemas comunales (Proyecto Miramar, 2011).

Respecto a los servicios sociales que se ofrecen en Sierpe, sufragados por entes regionales podemos destacar el nuevo Centro de Salud inaugurado hace 3 años, que evita a los pacientes tener que desplazarse hasta Palmar o Ciudad Cortés. Sierpe también dispone de una Escuela Infantil, una Escuela de Educación Primaria y un Liceo de Secundaria, que acogen no sólo a los jóvenes de Sierpe sino también a los de otras comunidades cercanas más pequeñas. Últimamente está adquiriendo gran importancia la Asociación para el Desarrollo Rural, que se ocupa de organizar cursos formativos y ayudar a los habitantes de Sierpe a mejorar sus capacidades y sus medios para desarrollar sus actividades agrarias.

## 4.- DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RIESGOS DEL ACUEDUCTO

### 4.1 Introducción

La Asociación La Gallega y Estero Azul, Sierpe de Osa gestiona el acueducto que distribuye el agua por gravedad desde la captación al centro de Sierpe, Villas de Sierpe, Pueblo Nuevo, Ciudadela Fidel Martínez, La Gallega y Estero Azul. La longitud de las tuberías instaladas es de 9000 m desde la captación hasta la Cocoa donde se ubican los abonados más alejados.

A continuación se hace un diagnóstico de la situación actual del acueducto, describiendo detalladamente las 4 partes en las que la OMS (2009), en sus recomendaciones para la elaboración de Planes de Seguridad de Agua, divide un acueducto rural. De igual modo, en cada apartado se incluye el análisis de los riesgos potenciales a los que se ven sometidas cada una de las partes del acueducto y de qué modo un fallo podría afectar al suministro de agua a la comunidad de Sierpe. Las 4 partes que se describen a continuación son las siguientes:

- La CAPTACIÓN, se refiere a las estructuras encargadas de captar el agua de unos cursos de agua superficiales y represar el recurso tras unos muros.
- El TRATAMIENTO y ALMACENAJE, se compone de dos estructuras, un tanque de almacenamiento para 83m<sup>3</sup> y un pre-filtro básico.
- La CONDUCCIÓN y la DISTRIBUCIÓN, en este punto se describen el conjunto de las redes desde que se inicia la conducción a la salida del tanque, hasta que el agua llega a cada una de las viviendas y locales en la comunidad de Sierpe.
- El CONSUMO y SANEAMIENTO, se describirá el uso que hace la comunidad del recurso hídrico y los problemas que surgen en esta última parte del acueducto.

Para cerrar este capítulo de Diagnóstico, se incluyen también el Análisis DAFO y los principales Procedimientos Administrativos que se llevan a cabo en la gestión de la ASADA.

## 4.2 CAPTACIÓN

La **captación** se localiza en una finca declarada en Julio de 2012, junto con el resto del acueducto, de Utilidad Pública. La cuenca de captación cubre una superficie de alrededor de 700 ha, que pertenecen en su mayor parte a propietarios privados.

La zona de captación de agua dispone de unas infraestructuras, para captar, almacenar y gestionar el recurso hídrico. Estas infraestructuras consisten en **3 represas** con las siguientes características:



**Fotografía 4.2.1** – Represas de la “Abuela” (izq.) y de el “Amarillón” (dcha). Archivo del autor.



**Fotografía 4.2.2** – Represa de “Pollo Macho”, vista frontal (izq.) y vista trasera (dcha). Archivo del autor.

Las represas son simplemente muros contruídos con bloques de hormigón prefabricados y armados verticalmente con varillas de acero. La vista en planta presenta forma de “U”, es decir, que no es una estructura transversal al cauce, si no que las alas se cierran hacia atrás. La cimentación de las represas consiste en la continuación del muro medio metro hacia abajo sobre el nivel del suelo, apoyándose en antiguas estructuras de hormigón.



#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto

**Tabla 4.2.1** – Características de las represas del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.

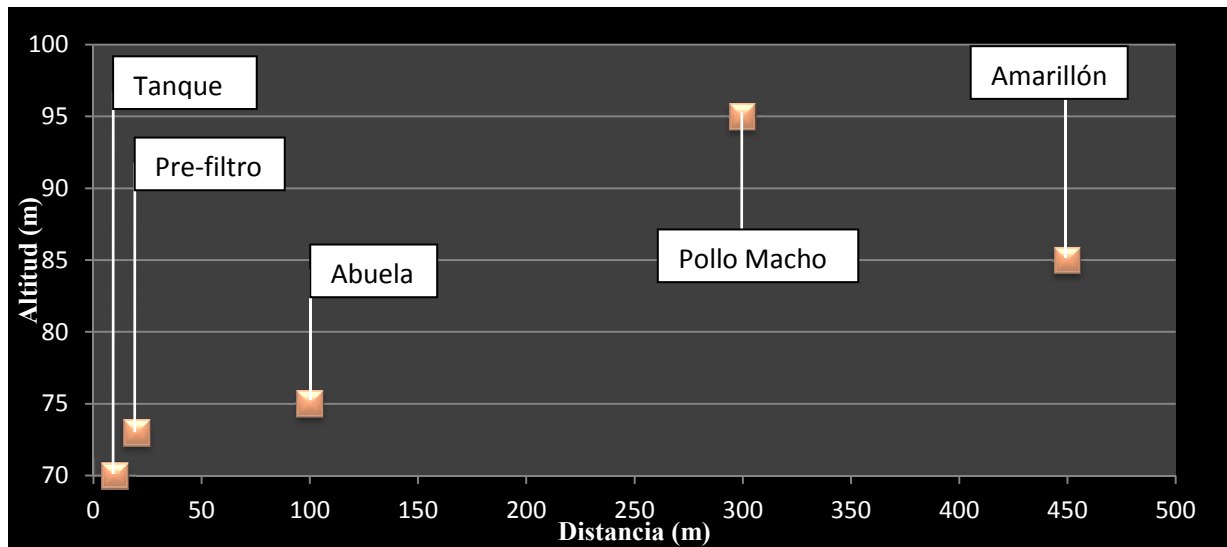
Nombre	Long.	Alt.	Caudal base	CRTM05	Observaciones
El Amarillón	26,5 m	2 m	5,95 l/s	557.360 / 977.747	Uso ordinario, sus aguas pasan por el pre-filtro.
Pollo Macho	7 m	1,50 m	1,01 l/s	557.646 / 978.024	Uso extraordinario, aguas directas al depósito.
La Abuela	8 m	0,80 m	4,29 l/s	557.497 / 978.012	Uso extraordinario, aguas directas al depósito.
			11,25 l/s		

Estas represas se vacían completamente cada 15 días y mediante rastrillado y barrido, los empleados de la ASADA, las limpian de lodos, hojarasca y otros restos orgánicos.

**Figura 4.2.1** – Mapa de las estructuras de captación y almacenamiento del Acueducto de Sierpe. Elaboración propia.



**Figura 4.2.2** – Gráfico del perfil de las estructuras de captación y almacenamiento del Acueducto de Sierpe.  
Elaboración propia.



En la Captación, el análisis de los riesgos potenciales, ha dado los siguientes resultados:

**FENÓMENOS METEOROLÓGICOS:** Debido a las lluvias, generalmente de tipo torrencial, se producen fuertes avenidas que inundan y desbordan las estructuras de captación. Además, producen rápidos cambios en la calidad del agua, especialmente en lo referente a la turbidez. Las variaciones climáticas a lo largo de año (variaciones de precipitación de hasta 10 veces entre los meses más seco y más lluvioso) también afectan a la calidad del agua.

**DEFICIENTES CONDICIONES DE LA TOMA:** Al tratarse de una captación superficial, el agua llega a las represas con excesivas partículas, lo que produce que se vayan colapsando los fondos. Además, los sucesivos desbordes de agua por los laterales de las represas han provocado la erosión de las tierras que sostienen los muros, como puede observarse en la Fotografía 4.2.3.

La toma de agua, para llevarla hacia las estructuras de tratamiento, se realiza en la parte inferior de la represa mediante un tubo de PVC protegido y cerrado por una estructura cilíndrica de varillas de acero envuelta por una malla plástica para retener los sedimentos y restos orgánicos, evitando que estos pasen y accedan al pre-filtro. Esta malla queda colapsada habitualmente y debe limpiarse semanalmente al encontrarse casi en contacto con los lodos del fondo de la represa.



**Fotografía 4.2.3** – Detalles laterales de la represa de el “Amarillón”. Archivo del autor.

**ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA:** En las 3 represas el agua se almacena sin ningún tipo de tratamiento, lo que provoca riesgos de aparición de toxinas, bacterias y floraciones de algas.

**FAUNA SILVESTRE:** La captación se halla en medio del bosque tropical, en el que existen numerosas especies de aves y mamíferos que se pueden ver atraídos por las balsas de agua y contaminarla. En alguna ocasión se han hallado individuos muertos en el agua.

### 4.3 TRATAMIENTO y ALMACENAJE

Las estructuras que forman esta parte tan importante del acueducto rural de Sierpe, son un pre-filtro sencillo y un tanque de almacenamiento de 85 m<sup>3</sup>.

El **pre-filtro** es una estructura rectangular de 2 x 10 m y 1,30 m de altura construido en 2010. Cuenta con 8 gavetas con malla de 2mm y espuma de 1 pulgada, una pila con piedra caliza, piedra cuarta y arena fina, una pila con carbón natural y la última donde se encuentra el clorador. En el clorador se colocan siete pastillas, normalmente cada cuatro días. El pre-filtro se vacía y se limpia con cloro una vez por semana. Cada compuerta superior de la estructura tiene candados, lo cual es importante ya que limita el acceso de personas ajenas a su mantenimiento. Respecto al flujo de agua que pasa, no se conoce el caudal de entrada-salida del pre-filtro, y tampoco ha sido posible hallar para qué caudal se diseñó en el año 2010.



**Fotografía 4.3.1** – Tanque de almacenamiento (izq.) y detalle del pre-filtro (dcha). Archivo del autor.

El **depósito**, construido en 2007 tiene una capacidad de 85.000 l. Cuenta con una válvula que regula la entrada de agua en él, activando o desactivando el funcionamiento del pre-filtro. Sólo pasa al pre-filtro el agua que llega de “El Amarillón”. Mientras que el agua de “Pollo Macho” y “La Abuela” entra directamente al depósito y pasa a la red conducción hacia Sierpe, sin pasar por ningún sistema de filtrado ni de aplicación de cloro. Únicamente, se puede producir una decantación en el propio depósito que elimine las partículas de tierra más gruesas, lo que conlleva que en el depósito se vayan acumulando dichos restos.

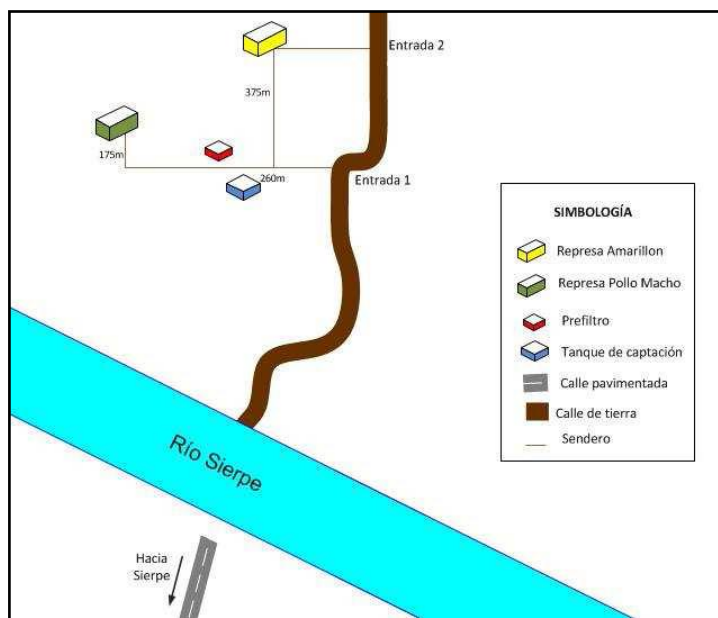
El volumen actual del depósito no consigue llegar a abastecer, si no hay entrada nueva de agua al sistema, a la comunidad de Sierpe durante 12h. Esto es debido al elevado y excesivo consumo por persona. Este hecho resulta un grave problema, más aún en la época de sequía cuando su llenado resulta más complicado. Los gestores y el personal de mantenimiento se ven obligados a estar alerta 24h al día para que el depósito se mantenga en los niveles necesarios para un abastecimiento lo más continuo posible.



#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto

El acceso al depósito se realiza a través de las entradas superiores, que no disponen de ningún sistema de seguridad. Para subir al depósito, se cuenta con una escalera de madera que simplemente se apoya en un lateral. Junto al depósito hay instalado una salida de agua para limpiar las botas antes de subir al depósito y evitar, en la medida de lo posible una contaminación del agua almacenada.

**Figura 4.3.1** – Croquis de las estructuras del acueducto de Sierpe. Archivo de la ASADA.



Los riesgos identificados en esta parte del acueducto fueron los siguientes:

**MECANISMOS DE DERIVACIÓN:** Las tuberías que llevan el agua desde la captación hasta el filtro o el depósito se encuentran en mal estado y a la intemperie, con sujeciones muy rudimentarias e inseguras. Respecto a las reducciones de diámetro no disponen de ningún sistema de seguridad para cambios bruscos de presión.



**Fotografía 4.3.2** – Tuberías de derivación junto al pre-filtro (izq.) y tubo entre el “Amarillón” y el pre-filtro (dcha).  
Archivo del autor.

**CAPACIDAD DE LAS INSTALACIONES DE TRATAMIENTO:** El filtro encargado de limpiar el agua, como quedó definido anteriormente, tiene unas dimensiones que se ajustaron a la ubicación donde se colocó y no al caudal que debía soportar, en función de la población-demanda de Sierpe. En condiciones de un consumo razonable debería ser suficiente, pero la demanda excesiva de agua, provoca que la capacidad de las instalaciones actuales sea insuficiente para proveer de agua con una calidad mínima aceptable.

**OBSTRUCCIÓN DE LOS FILTROS:** Este problema puede generar una eliminación insuficiente de partículas del agua. La obstrucción de los filtros se produce porque el agua llega al pre-filtro con muchas tierras y partículas de las represas. Esto genera además gastos económicos imprevistos, teniendo que cambiar con mayor frecuencia las espumas del filtro y obligando a la limpieza de las gavetas con mayor periodicidad que las programadas mensualmente.



**Fotografía 4.3.3** – Pre-filtro (izq.) y detalle de las gavetas del pre-filtro (dcha). Archivo del autor.

**SEGURIDAD Y CONDICIONES DE TRABAJO:** En general, las condiciones de trabajo son bastante inseguras debido principalmente a la inconsciencia de los propios empleados. Los accesos a las estructuras del acueducto (depósito y represas) son unas sendas muy estrechas y resbaladizas por medio del bosque. La escalera que da acceso al depósito es de madera con clavos y debido a la humedad corre gran riesgo de que se rompa. Respecto a la seguridad que evite el acceso de terceros a las estructuras se reduce a una puerta de alambres sin candado. Pero en esta parte del acueducto no ha habido episodios de vandalismo destacables.

#### 4.4 CONDUCCIÓN y DISTRIBUCIÓN

La red de conducción recorre 2.100 m desde el tanque de almacenamiento hasta la comunidad de Sierpe a través del bosque tropical. La tubería sale con un diámetro de 250 mm y va reduciéndose hasta los 100 mm, con que la tubería pasa sobre el río Sierpe. Esta tubería se instaló hace cerca de 30 años.

**Tabla 4.4.1** – Diámetros y longitudes de cada tramo de la red de Conducción. Elaboración propia.

Tramo	Diámetro	Longitud
I	250 mm	175 m
II	200 mm	425 m
III	150 mm	1500 m

La conducción del agua se realiza por gravedad. Desde el tanque de almacenamiento hasta Sierpe hay un desnivel de unos 50 m. No existe un levantamiento topográfico preciso de la conducción, pero para evitar sobrepresiones en estos tramos de la conducción existen cuatro válvulas eliminadoras de aire (dos válvulas de ½", una de 1" y una de 2") y tres achicadores de 4" para vaciar la conducción en caso de que deba acometerse algún arreglo.

En el Anejo 14 se puede ver un plano de toda la red de conducción.

Justo antes de comenzar la red de distribución encontramos el paso aéreo sobre el río Sierpe de la tubería de conducción. Este tramo merece un punto específico, respecto a la seguridad y a la rotura de la tubería. Se trata de una catenaria de 125 m de longitud que sostiene el tubo de 100 mm sobre el río con unos cables. Este punto del acueducto es crítico, ya que además del resto de peligros que luego se desarrollarán, esta estructura puede verse sometida a los efectos de los numerosos temblores sísmicos que se producen en la zona. Al tratarse de la única vía de agua para dotar de agua a Sierpe, un fallo en este punto dejaría completamente desabastecida a toda la comunidad.



**Fotografía 4.4.1** – Paso aéreo de la conducción sobre el río Sierpe (izq.) y detalle paralelo (dcha). Archivo del autor.



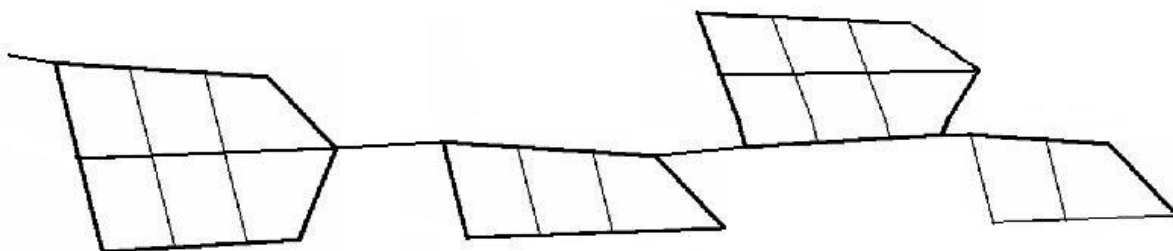
#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto

Tras el paso aéreo de la conducción, comienza la red de distribución. Esta red es una mezcla entre los 2 tipos fundamentales definidos en la bibliografía (S.Arnalich, 2008), red ramificada y red mallada. Cada una tiene unas características y un comportamiento distinto:

- 1 *Ramificadas o arborescentes*: Son redes que no cierran bucles. En ellas el agua circula en una sola dirección. Su ventaja principal es que son baratas, rápidas de construir y sencillas de calcular. Sus desventajas principales son que una avería en un punto cierra todo el sistema aguas abajo, que tienen problemas de calidad por estancamiento del agua, que no se pueden ampliar fácilmente y que necesitan determinar la demanda en cada punto con precisión.
- 2 *Malladas*. Cierran bucles permitiendo que el agua circule en cualquier dirección. Esto las hace más difíciles de calcular, pero más tolerantes a errores, más resistentes a las averías y con menos problemas de estancamiento de agua.

En Sierpe, hay tramos de la red de distribución que son mallados, pero entre los barrios la red se une de forma arborescente o lineal. Este sistema no permite cortar el agua para un sector específico del sistema de abastecimiento a la comunidad, en caso de que exista algún problema.

**Figura 4.4.1** – Croquis de la actual red de Distribución. Elaboración propia.



La red de distribución se prolonga más de 6 km, siguiendo el Estero Azul, lo que provoca una pérdida de presión en el abastecimiento. Aunque no se han identificado problemas de subpresión en el acueducto, se podría hacer un estudio más preciso de este apartado mediante alguna herramienta como el software Epanet.

Respecto al análisis de los riesgos potenciales en la conducción-distribución se deduce:

**ROTURA DE TUBERÍA:** En esta parte del acueducto, la tubería tiene un elevado riesgo de rotura por dos motivos; primero, porque la red de conducción tiene más de 25 años y por el desgaste natural y la degradación podría reventar en algunos puntos. Por otro lado, y agravando la situación anterior se debe a que la tubería se halla a la intemperie en muchos tramos y podría verse afectada por vandalismo o por los numerosos sismos que ocurren en la zona. Una rotura en estos tramos de la conducción llevaría asociada la contaminación del agua que pasa por ahí y por consiguiente de toda la red, además podría significar dejar sin abastecimiento a toda la comunidad de Sierpe al ser la única y exclusiva conducción del acueducto.



#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto



**Fotografía 4.4.2** – Red de conducción en medio del bosque (izq.) y válvula achicadora en dicho tramo (dcha).  
Archivo del autor.

**CAMBIOS DE PRESIÓN:** A lo largo de los 3 km de conducción existen 3 tubos verticales como el de la fotografía para absorber las posibles fluctuaciones de presión y evitar los efectos del “golpe de ariete”. Estas llaves pueden ser la vía de entrada de contaminación si no se realiza un correcto mantenimiento de las mismas.

**ACCESO DE TERCEROS:** La conducción se localiza en medio del bosque, en una propiedad privada, en la orilla Sur del río Sierpe, al otro lado de la población, por lo que su acceso no es fácil. Pero es preciso mencionar que existe el riesgo de contaminación del agua si alguien accede a estos tramos. En la red de distribución el acceso a terceros es aún más difícil al localizarse las tuberías bajo tierra entre 0,3 y 1m de profundidad.



**Fotografía 4.4.3** – Camino a las represas, junto a la verja (izq.) y detalle de un medidor instalado recientemente (dcha).  
Archivo del autor.

**CONEXIONES NO AUTORIZADAS:** Este es un aspecto que actualmente no supone ningún problema para esta comunidad. No se registran conexiones NO autorizadas normalmente, pero al no existir estructuras de seguridad de acceso a las redes de abastecimiento puede considerarse un riesgo que llevaría consigo posibles peligros de contaminación del agua por contraflujos.

SEGURIDAD Y VANDALISMO: La seguridad en la red de conducción se limita a una verja de alambre sin candado. Al encontrarse en varios tramos las tuberías a la intemperie existe el riesgo de que se produzcan agresiones por vandalismo, aunque hasta el momento no se han registrado este tipo de atentados. En la red de distribución, los principales problemas de seguridad se dan contra los medidores. Algunos de ellos se han instalado sin caja protectora de hierro y debido a la mala aceptación de este instrumental se han producido algunos atentados contra ellos.

#### 4.5 CONSUMO y SANEAMIENTO

Para conocer este apartado de la gestión del acueducto se me facilitó una encuesta realizada por la Asociación Centroamericana para la Salud y el Ambiente (ACEPESA) el año 2011, visitando 100 viviendas y entrevistando a 360 personas.

##### **Costumbres, higiene y salud:**

Algunas familias mencionan colocar alguna tela o plástico en la tubería, no solo para limpiar el agua sino también para disminuir la presión del agua. Esta costumbre la tienen el 37% de las personas entrevistadas, mientras que el resto 63% de las personas no lo hace. Esta práctica no es conveniente porque el agua se contamina en el tubo sobre todo si esa tela o plástico no se cambia con frecuencia.

Con respecto al uso del agua para lavar la acera, el patio,... mencionan un 52% que sí lo hace. Esta práctica es muy común en Costa Rica. Se tiene la idea de que el agua nos ayuda a arrastrar impurezas y por ende hay “mejor limpieza”. También menciona la mayoría que usa desinfectante en varios lugares de la casa, por ejemplo en el inodoro. La costumbre de lavarse las manos la mayoría menciona que lo hace al salir del sanitario y al preparar alimentos.

Con respecto a los restos de alimentos, se los dan a los animales.

La manera de lavar los platos o utensilios de cocina, la mayoría (85%) menciona que usa el agua para que arrastre los alimentos al fregadero o pila de lavado. Esta costumbre no es conveniente porque estos residuos producen problemas en la tubería y además como no tienen tratamiento de las aguas grises, al final los restos de alimentos van a parar al patio.

Para conocer las costumbres en el ahorro del agua al bañarse, se les preguntó cuánto tiempo tardaba la familia en bañarse, el 57% menciona que entre 10 a 15 minutos, el resto menciona variado, 20 minutos, 25 minutos y hasta más de treinta. Por las características del clima la mayoría(75%) menciona que se bañan dos veces al día y el lavado de dientes, igualmente, dos veces al día.

##### **Aguas grises y residuales:**

El 43% menciona que las aguas grises o jabonosas que salen de la vivienda van al caño, es decir, al alcantarillado general, sin embargo mencionan que hay malos olores. La mayoría de las viviendas posee tanque séptico, pero no mencionan el mantenimiento del mismo.

Con respecto a los residuos sólidos, la mayoría menciona que tienen recolección por parte de la Municipalidad.

#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto

Un aspecto fundamental en el abastecimiento de agua para consumo es ofrecer un agua de calidad, bajo los estándares y controles exigidos por la normativa costarricense. El último análisis realizado hasta la fecha corresponde al 3 de Marzo de 2011, por parte del Laboratorio Clínico Calderón González (Pérez Zeledón). En este informe microbiológico únicamente se analizan los coliformes fecales y *E.coli* en una muestra del agua recogida en el Parque de Sierpe, con resultado negativo. Un año antes (marzo 2010), la Universidad de Costa Rica, concretamente el Laboratorio de Análisis Ambiental, hizo un análisis más exhaustivo, tomando 3 muestras en diferentes puntos del acueducto. El resultado de este informe fue el siguiente:

**Tabla 4.5.1** – Resumen del resultado de los análisis bacteriológicos y físicos de las diferentes muestras.  
(Laboratorio de Análisis Ambiental, UCR. 2010).

Análisis	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Coliformes Totales</b>	NMP/100ml	>1600	540	130
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100ml	>1600	240	23
<b>Cloro residual</b>	mg/l	---	nd	nd
<b>Turbidez</b>	NTU	1,80 ± 0,06	1,39 ± 0,06	2,58 ± 0,08
<b>pH</b>	± 0,04	7,01	7,17	7,11

Muestra 1: Muestra de agua tomada en la Quebrada de “El Amarillo”.

Muestra 2: Muestra de agua tomada en el Tanque de Almacenamiento.

Muestra 3: Muestra de agua tomada en la Escuela de Sierpe.

Este análisis muestra que existe un elevado número de coliformes fecales en el agua, los cuales pueden producir desequilibrios y problemas de salud gastrointestinal. Por otra parte, no se detectó Cloro residual, lo que significa que la cloración no es suficiente y por tanto no se eliminan los microorganismos que pueden producir igualmente enfermedades. Y por último se constató que la turbidez es muy elevada, uno de los problemas de los que se reciben más quejas por parte de la población hacia los gestores de la ASADA. Además puede verse que la turbidez aumenta en la Muestra 3, lo que significaría que el agua se ha contaminado dentro de la red de conducción.

Desde entonces no se ha realizado ningún nuevo análisis, aunque los responsables del acueducto y del Ministerio de Salud han insistido de la necesidad de que exista una continuidad en estos análisis. La frecuencia de muestreo está relacionada con el tamaño de la población y la categoría de la zona. Para zonas rurales se sugiere lo siguiente (Rojas 2002, Aurazo, 2004):



#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto

**Tabla 4.5.2** – Frecuencia de muestreo en sistemas rurales. (Aurazo, 2004).

Parámetros	Población abastecida	Número de muestras	Frecuencia de muestreo
En planta de tratamiento y fuentes de agua subterránea: análisis fisicoquímicos*		Una muestra por fuente	Agua de origen superficial: cada 2 años Agua de origen subterráneo: cada 5 años
En reservorios de servicio*: pH turbiedad coliformes termotolerantes		Una muestra por componente	Tres por año
En red de distribución*: pH turbiedad coliformes termotolerantes	< de 1.000 1.001 a 2.000 2.001 a 5.000	3 4 6	Anual Anual Anual

\* Si hay cloración, se deben efectuar tantas determinaciones de cloro residual como sean posibles. En los sistemas de abastecimiento se medirá el cloro en la salida de la planta de tratamiento y en el grifo del consumidor más alejado de la planta (Solsona y Méndez, 2002).

Por lo tanto, para el caso de Sierpe, se deberían hacer análisis cada 2 años en la Captación de agua superficial, 3 veces al año en el Tanque de almacenamiento y anualmente tomando 4 puntos de muestreo en la Red de Distribución, analizando por lo menos los parámetros indicados en la tabla anterior.

Las tarifas de agua se han actualizado recientemente (Julio 2012), estableciéndose en todas las ASADAs y acueductos del AyA nuevos precios para el agua según el tipo de acueducto, el rango de abonados y el consumo, para hacer más justa la factura y premiar en cierta manera el ahorro.

Además se diferencian dos tipos de consumidores: DOMIPRE, con tarifas más accesibles para los domicilios habituales y abonados preferenciales; y EMPREGO, con tarifas algo superiores para los abonados que corresponden a empresas (industria, restauración, comercios, ...) y edificios del gobierno ó de la administración pública.

En esta nueva tarificación no existe un rango de precios en los que las ASADAs puedan ajustarse según les convenga, como ocurría anteriormente, y el precio es fijo e igual para todos los acueductos con las mismas características, como puede observarse en la Tabla del Anejo 12. Esta medida se corresponde con una de las actuaciones propuestas en el Plan de Mejora de los Abastecimientos de Agua comunitarios del Cantón de Osa (Costa Rica), Olabarri (2011).

Respecto al pago de los recibos de agua, cuyo procedimiento se describirá más adelante en el apartado 4.7, los abonados de Sierpe son en general bastante responsables y no suele haber morosos que se retrasen en los pagos y obliguen a la corta del agua. Como puede observarse en la Tabla 4.5.3, la media de cortas por cobro de agua del año 2012 es inferior al 1% mensualmente.

**Tabla 4.5.3** – Número de Cortas de agua por meses durante 2012. Elaboración propia.

Mes	Nº de CORTAS de agua
Febrero-12	5
Abril-12	4
Julio-12	9
Septiembre-12	3

Los principales peligros y riesgos potenciales a los que se ve sometido el saneamiento de la comunidad son los siguientes:

**CONSUMO EXCESIVO:** No existen registros de cuál es el consumo global de la comunidad, pero se han hecho estimaciones y superarían los 800 l/pax.día, lo que supone más de 5 veces lo recomendado por la OMS y otras organizaciones (150 l/pax.día). Esto provoca en ocasiones problemas de desabastecimiento y que la calidad del agua sea deficiente. Actualmente hay instalados 60 medidores sobre los 371 abonados del acueducto.

La instalación de los medidores comenzó hace un año y medio. Se decidió comenzar a instalarlos a los comerciantes (restaurantes, hoteles, cabinas, mercados,...) y a los abonados privados que se sabían mayores consumidores de agua.

**VERTIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS:** Los residuos sólidos son recogidos por un camión municipal 2 veces por semana, pero suelen quedar restos de basura alrededor de los puntos de recogida que con las habituales fuertes lluvias son arrastrados al alcantarillado y por tanto fuente de contaminación y de riesgos sanitarios.

**TANQUES SÉPTICOS INADECUADOS:** A nivel de Costa Rica, el 67,3% de las viviendas utiliza los tanques sépticos para la disposición de las excretas (D.A. Mora, 2008). En el caso de Sierpe, esta práctica, habitual en la mayoría de las viviendas para disponer los desechos líquidos, conlleva muchos peligros sanitarios asociados, debido a la escasa profundidad del nivel freático o manto acuífero que puede verse contaminado. Además, los pozos sépticos producen grandes cantidades de *Aedes aegypti* y de mayor tamaño al habitual, siendo uno de los principales transmisores del Dengue. La presencia y abundancia de inmaduros y adultos de *A. aegypti* en pozos sépticos en Puerto Rico están directamente asociadas a la presencia de grietas y aberturas en las paredes del pozo e inversamente relacionadas con los sólidos disueltos y la conductividad del agua (R. Barrera, 2010).



**Fotografía 4.5.1** – Ejemplo de tanque séptico detrás de una vivienda.

**FUGAS Y FALLOS INTRADOMICILIARES:** Supone uno de los graves problemas es este tipo de comunidades. Las redes intradomiciliarias tienen generalmente muchos problemas de mantenimiento y se producen numerosas fugas, lo que supone un “gasto” continuo de agua. Por lo general, el mantenimiento de las tuberías y cañerías es muy deficiente y no existe ningún control sobre el estado de estas redes.

#### 4.6 Análisis DAFO

El análisis DAFO es un método sencillo y eficaz para tomar decisiones en el futuro. Nos servirá para plantear las acciones que deberemos poner en marcha para aprovechar las oportunidades detectadas y a preparar a la ASADA contra las amenazas, teniendo en cuenta sus debilidades y sus fortalezas.

En el análisis intrínseco se intentarán detectar las fortalezas y las debilidades actuales que presentan la gestión y el estado del acueducto. Mientras que en el análisis extrínseco se hace una valoración de las posibles, o potenciales, oportunidades y amenazas que pueden presentarse al acueducto en el futuro.

Al cruzar estos cuatro factores en una tabla se pueden identificar ciertas Potencialidades, algunos Desafíos, los Riesgos y las Limitaciones del sistema de abastecimiento.

**Figura 4.6.1** – Gráfico del análisis DAFO. Elaboración propia.

<div>FACTORES INTERNOS</div> <div>FACTORES EXTERNOS</div>	<b>FORTALEZAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abundantes precipitaciones.</li> <li>- Abundancia de RR.NN.</li> <li>- Compromiso de los responsables de las ASADAs.</li> <li>- Margen para la ordenación territorial.</li> </ul>	<b>DEBILIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia y déficit de infraestructuras.</li> <li>- Escasa sensibilización social.</li> <li>- Escasa formación y capacitación para la gestión.</li> <li>- Déficit económico.</li> </ul>
	<b>OPORTUNIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la Cooperación Internacional.</li> <li>- Aumento de la inversión Nacional.</li> <li>- Facilidades fiscales y burocráticas.</li> <li>- Confederación de ASADAs.</li> <li>- Nuevas fuentes/formas de captación de agua.</li> </ul>	<b>POTENCIALIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compromiso de los gestores → Confederación.</li> <li>- Mejor financiación → Reordenación territorial y nuevas captaciones.</li> </ul>
	<b>DESAFÍOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento inversión → Mejor formación y mejores infraestructuras.</li> <li>- Cooperación → Sensibilizar sobre el ahorro de agua.</li> </ul>	
<b>AMENAZAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecimiento demográfico.</li> <li>- Cambio climático.</li> <li>- Cambio de usos del suelo.</li> </ul>	<b>RIESGOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio climático y Crecimiento demográfico → Oferta hídrica.</li> </ul>	<b>LIMITACIONES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecimiento demográfico + Falta de sensibilización al ahorro.</li> <li>- Usos del suelo + Déficit de infraestructuras.</li> </ul>



#### 4.7 Procedimientos administrativos

- ❖ Informe ante el **Ministerio de Justicia** – Dirección Jurídica del Departamento de Servicios Técnicos: Requisitos Mínimos que debe contener el Informe Anual de Labores, al haberse declarado el Acueducto de Utilidad Pública.
  1. Informe de los proyectos realizados y su incidencia en el Estado, comunidad o sector al que dirigen sus labores, así como su respectiva justificación.
  2. Informe de los programas que están en vías de ejecución y los proyectados para el presente año.
  3. Nombres de personas físicas y jurídicas, que se vean directamente beneficiadas por parte de su representada, así como número de identificación correspondiente y número de identificación correspondiente y número telefónico a efectos de poder constatar dicha información.
  4. Debe adjuntarse el informe contable actualizado. Esto debe ser claro y específico en cuanto a las sumas destinadas a favor de la comunidad y sociedad costarricense, por medio de actividades como las previamente descritas, y la cantidad de beneficios recibidos como consecuencia de la declaratoria de utilidad pública. Informe contable de enero a diciembre.
  5. Informe de la Fiscalía.
  6. Listado de personas físicas y jurídicas que hayan realizado donaciones a favor de la asociación a partir de la declaración de utilidad pública hasta la fecha.
  7. En caso de que hayan modificaciones en los Estatutos, debe aportarse copia certificada del documento de inscripción de la misma.
  8. También debe indicarse, en caso de que el mismo haya cambiado o nunca se haya indicado, la actualización del lugar para atender notificaciones, en el entendido de que futuras comunidades se harán válidamente en el lugar señalado aunque no corresponda al domicilio de la Asociación que conste en el Registro. Igualmente se le recuerda que este requisito debe presentarse el primer trimestre de cada año, sin necesidad de requerimiento expreso.
  9. Certificación de personería jurídica, con fecha de vencimiento del nombramiento del representante legal.
  10. Indicar si la Asociación ha enviado remesas al exterior.
  11. El informe debe suscribirlo el representante legal, y en caso de que la junta directiva todavía no se encuentre inscrita, debe aportarse copia certificada del documento en proceso de inscripción.
  12. El informe debe ser presentado durante el primer trimestre de cada año.
- ❖ Ante el **Ministerio de Hacienda** se ha demandado una “EXONERACIÓN de Impuestos” para la ASADA, que está además avalada por AyA. Finalizado este trámite la ASADA podrá demandar la devolución del 13% en los productos facturados en los diferentes comercios.
- ❖ Ante el **Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)**, en función del Convenio de Delegación firmado con la ASADA el 10 de enero de 2011, se debe de presentar la siguiente documentación:

#### 4.- Diagnóstico y Análisis de Riesgos del Acueducto

- Presupuesto anual para la administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas y remitir una copia a la Dirección Regional, a más tardar el 31 de Octubre de cada año, quien podrá pronunciarse sobre los mismos, siendo vinculantes las recomendaciones o modificaciones que realice de conformidad con el artículo 2 inciso d) de la Ley Constitutiva del AyA.
  - Enviar semestralmente a la Dirección Regional un detalle de usuarios del sistema de la siguiente forma: N° abonados, Cantidad de servicios (fijos y medidos), consumo, producción y tarifa aplicada, entre otros.
- ❖ Informe ante la **Asamblea General** de socios – Anualmente el Presidente y el Tesorero rendirán informes a la comunidad de la actuado con relación a la operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas.
- ❖ Procedimiento de **Facturación mensual** a los abonados:
- 1- Se realiza lectura de los medidores a los abonados que disponen de él a final de mes.
  - 2- Impresión de los recibos de cada uno de los abonados (Programa SQUA).
  - 3- Reparto a domicilio de los recibos de cada abonado a principio de mes.
  - 4- Se dan 15 días para que los abonados cancelen sus recibos en la oficina de la ASADA.
  - 5- La ASADA cobra y sella el recibo de cada abonado.
  - 6- Diariamente la ASADA hace una remesa de los montos recaudado y los abonados que cancelaron sus recibos.
  - 7- Si a la fecha de vencimiento algún abonado no ha realizado el pago, se dejan 3 días hábiles.
  - 8- Si NO realiza el pago en esos 3 días hábiles se CORTA el agua.
  - 9- Cuando el abonado cancele su recibo, inmediatamente se le reconecta el suministro de agua.
  - 10- En la factura del mes el abonado tendrá un recargo de 6.895 Colones por corte y reconexión del agua.
- ❖ Presupuestos de la ASADA. Se realizan unas cuentas básicas de ingresos y gastos mensualmente, que incluyen salarios, cancelaciones de servicios, facturas, ...
- ❖ Peticiones de donaciones o Demanda de fondos. En los Estatutos de la Asociación se dice: Art.4: Para el cumplimiento de sus fines, la Asociación realizará entre otras las siguientes actividades: (...) 22- Gestionar partidas específicas, donaciones de entidades públicas y/o privadas, tanto nacionales como internacionales, para el desarrollo de sus actividades. Hasta el momento no se ha hecho ninguna demanda por parte de la Asociación, pero se prometió una donación de JUDESUR con fondos de la Junta de Andalucía (España) que no llegaron a la ASADA.

## 5.- PLAN DE MEJORAS

### 5.1 Antecedentes y Justificación

Durante los últimos años, la ASADA de “La Gallega y Estero Azul, Sierpe” no se ha mantenido indiferente a nuevos o posibles, sino que al contrario, ha tratado de realizar mejoras en el acueducto presentando proyectos ante diversas instituciones y ha colaborado activamente con la Universidad de Costa Rica (UCR) en varios proyectos de cooperación.

Algunos de esos proyectos fueron denegados porque requerían una muy elevada inversión económica para mejoras que quizás, como se expondrá más adelante puedan alcanzarse por otros medios más económicos pero igualmente efectivos y sostenibles.

La ASADA presentó ante **JUDESUR** (Junta de Desarrollo Regional de la Zona Sur) el proyecto de compra de una finca de 20 ha en Miramar, con toda la documentación requerida por dicha entidad según el FORMATO FD-01. La finca de Miramar de Sierpe comprende la cuenca hidrológica de una quebrada que proporciona un caudal base de 100 l/s. El objetivo era aumentar la cantidad de agua disponible con vistas a la construcción de nuevas viviendas en el barrio de Villas de Sierpe y el futuro aeropuerto internacional del Sur de Costa Rica. Tener una segunda conducción serviría para disminuir el riesgo de desabastecimiento en caso de que falle una. Esta finca está valorada por el perito Jorge Solano (Dirección General de Tributación – Sub Gerencia de Valoraciones) a fecha de 19 de Abril de 2012 en 100 millones de colones (₡) (10.000 \$/ha). Actualmente, los responsables de la ASADA están aún a la espera de una respuesta al respecto por parte de JUDESUR.

Además, de forma simultánea se presentó ante el **Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS)** un proyecto registrado como N° INFRA-086-01-11, a fecha de 30 de Junio de 2011. El proyecto incluía la construcción en la naciente de Miramar de Sierpe de un “Tanque de Almacenamiento” de 150 m<sup>3</sup> y una “Caseta de Cloración” con un sistema productor de Hipoclorito de Sodio. El proyecto lo avaló el Ingeniero Rodolfo Bucknor Masís (IC-18124). El presupuesto para esta obra era de 78 millones de colones (₡). Este proyecto fue desestimado por el AyA.

Teniendo en cuenta esta serie de actuaciones previstas o intentos de mejora por parte de los gestores de la ASADA, y vistos los objetivos del presente proyecto así como el diagnóstico del acueducto realizado en el apartado 4, se van a presentar una serie de mejoras que se encuadrarán en diferentes ejes estratégicos.

El **Plan de Mejoras** se divide en cuatro ejes estratégicos en los cuales se desarrollan las propuestas de actuación para su ejecución tras la presentación de este proyecto. Se sigue esta metodología para adaptarse a los requerimientos de las organizaciones de Cooperación al Desarrollo y facilitar la elaboración de las matrices de planificación. También se debe a que fue según estos ejes como se estructuró el Plan de Mejora de los Abastecimientos de Agua Comunitarios del Cantón de Osa (Costa Rica), Olabarri (2011), el que se enmarca el presente Proyecto.

Para plantear las diferentes actuaciones, que en adelante se describen, se han tenido en cuenta los resultados de las encuestas, entrevistas y reuniones que se describen en el apartado 7 sobre Acción Participativa. Esta información es muy valiosa para enfocar correctamente las mejoras y para que el trabajo de cooperación tenga un resultado satisfactorio, rentable y aceptado por la población local y los responsables de la ASADA de Sierpe.

Los cuatro ejes estratégicos quedan definidos de la siguiente manera:

- **Mejora de la Calidad del agua**, que consistirá en llevar a cabo actuaciones con el objetivo de asegurar un agua de calidad para el consumo humano en la comunidad.
- **Mejora de la Oferta de agua** mediante actuaciones que regulen de forma óptima los caudales y permitan una gestión más eficiente del recurso.
- **Mejoras Organizativas y de Seguridad**, que dotarán a los gestores de la ASADA de los medios necesarios para mantener el funcionamiento correcto del acueducto.
- **Mejoras Económicas**, que conllevarán una serie de actuaciones para alcanzar una sostenibilidad económica de la ASADA de Sierpe y del resto de ASADAs del Cantón de Osa.

## 5.2 Plan de Mejoras por Ejes Estratégicos

### Eje Estratégico 1 → MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA

*Actuación 1.a* → Para poder llevar a cabo una **cloración correcta, segura y sostenible** se debe asegurar una solvencia económica de la ASADA. Debido a la falta de efectivo, la ASADA suele pasar varias semanas sin clorar el agua, por la imposibilidad de adquirir las pastillas de cloro. El precio de una tanqueta con 90 pastillas asciende a 180.115 ¢ (360,23\$), incluyendo el transporte.

*Actuación 1.b* → **Cambio de posición de la tubería que toma el agua** de las represas para llevarla al pre-filtro. Actualmente se sitúa en el fondo y se recomienda se instale un codo y se eleve la toma a la zona superficial para así reducir la cantidad de elementos que colapsan la toma y disminuir los riesgos. En el Anejo 1 se incluye la descripción de la solución técnica y el presupuesto de lo que costaría llevar a cabo estas medidas de mejora en el acueducto.

*Actuación 1.c* → El control de la calidad del agua es competencia del Comité de Apoyo a las ASADAs, pero como se explicó anteriormente no realizan los análisis con la debida frecuencia. Actualmente se pretende organizar a las propias ASADAs del Cantón de OSA para que, de manera independiente, se unan y contraten a un laboratorio que se encargue de realizar los **análisis en los periodos establecidos y recomendados**, para así abaratar los costes.

*Actuación 1.d* → De acuerdo con el informe del Ministerio de Salud BRU-ARS-O-ERS-309-2012, se deberán ejecutar las siguientes obras: **Vallado perimetral de las captaciones y Cambio de la Red de conducción**, desde el tanque de almacenamiento hasta el paso aéreo sobre el río Sierpe. Estas indicaciones se hicieron a inicios del año 2012 con vistas a disminuir los riesgos por contaminación del agua, que como se describió anteriormente son importantes, pero no se dotó a la ASADA de ningún montante económico para ejecutar las obras. En los Anejos 2 y 3 se incluye la descripción de la solución técnica y el presupuesto que costaría llevar a cabo estas medidas de mejora en el acueducto.

### Eje Estratégico 2 → MEJORA EN LA OFERTA DEL AGUA

*Actuación 2.a* → Instalación inmediata de un **gran medidor de 4'** (100mm) (Figura 5.2.1) en la conducción antes del paso aéreo del río Sierpe, para monitorizar el agua que se suministra en tiempo real actualmente, ya que no hay ninguna estimación fiable de ese valor, por no disponer de medidores en todas las casas. El coste de este instrumento es de 754.300 ¢ (1.508,60\$).

**Figura 5.2.1** – Imagen de un medidor de 4" (100mm) de DURMAN. (Website del proveedor).



*Actuación 2.b* → Instalación de **instrumentos de micro-medición** a todos los abonados de la ASADA. Actualmente hay 307 abonados que no disponen aún de medidor en su acometida. Cada medidor tiene un precio unitario, incluyendo el material y su instalación, de 50.000 ₡ (100\$).



**Fotografía 5.2.1** – Detalle del instrumento de micro-medición (izq.) y uno de ellos instalado (dcha). Archivo del autor.

*Actuación 2.c* → **Elevación de la altura de las represas** “La Abuela” y “El Amarillón”, acondicionando los vertederos para evitar el desbordamiento del agua por los laterales de las represas, y aumentando su peso global, para asegurar su estabilidad. Los cálculos de dimensionamiento y presupuesto se describirán en el Anejo 4.

*Actuación 2.d* → Construcción de una serie de **mini-diques** de gavión de 1m de altura, aguas arriba de “El Amarillón” y de “Pollo Macho”, con el objetivo de retener los sedimentos que traen las avenidas de las lluvias torrenciales y evitar así su depósito en las represas. Los cálculos de dimensionamiento y presupuesto se describirán en el Anejo 5.



**Eje Estratégico 3 → MEJORAS ORGANIZATIVAS y DE SEGURIDAD**

*Actuación 3.a → Concesión de las nacientes.* Según el DECRETO EJECUTIVO N° 37113-JP, ya se ha declarado de Utilidad Pública todo el Acueducto.

*Actuación 3.b → Capacitación organizativa,* mediante la **actualización del Croquis de la ASADA** con los datos mensuales de consumo. El croquis de la comunidad se realizó mediante un SIG y la información disponible de los abonados. La Tabla asociada lleva los siguientes campos: Nombre y Apellidos del abonado, N° de cuenta, Sector, N° habitantes en la vivienda, Estado de la toma, si tiene medidor o no, y en su caso, n° de Medidor, fecha de instalación, lectura total, consumos mensuales y tipo de tarifa.

*Actuación 3.c → Colocar una **escalera de metal** inoxidable adecuada y segura de acceso al tanque de almacenamiento e instalar candados en las tapas del mismo (50\$).*

*Actuación 3.d → Poner en marcha una **contabilidad mensual** de las cuentas de la ASADA más rigurosa y transparente.* Para ello se facilitará a los responsables de la formación y de los medios necesarios para llevarlo a cabo.

*Actuación 3.e → Realizar un **aforo mensual de Caudales** aguas arriba de las captaciones,* para obtener mayor información sobre la cantidad de recurso disponible mes a mes. Esta actuación permitirá a los gestores conocer con mayor exactitud y de antemano la oferta de agua y adecuar su gestión a ella.

*Actuación 3.f → Reabrir el **Comité del P.S.A.**,* para que se encargue de promover la implicación social en el proyecto y de vigilar que se van cumpliendo las tareas del Plan Seguridad de Agua.

*Actuación 3.g → Dotación de un **vehículo para la ASADA**,* para los desplazamientos oficiales de desarrollo y mantenimiento de los sistemas del acueducto (10.000\$).

*Actuación 3.h → **Instalación de hidrantes** en toda la comunidad.* Para cumplir la normativa costarricense debería existir uno cada 180 m. Cada hidrante tiene un costo de 550.000 Colones (1100 \$). (Ver Anejo 6).

*Actuación 3.i → **Mejora de las condiciones en la Oficina** de la ASADA,* para garantizar una productividad óptima de los trabajadores. Se debería acondicionar un doble techo de material aislante, tanto térmico como sonoro que permita una mejor refrigeración de la oficina y unas condiciones de trabajo más saludables. Además se podría instalar un sistema de aire acondicionado sencillo. (Ver Anejo 7).

*Actuación 3.j → **Campañas de sensibilización al ahorro y conservación del recurso hídrico:*** Reunión de los socios y Talleres en la Escuela.

## Eje Estratégico 4 → MEJORAS ECONÓMICAS

*Actuación 4.a* → Idoneidad para el **manejo de fondos públicos**. Se recomienda la promoción y flexibilización de los trámites por parte del AyA para el acceso a financiación pública, además de la capacitación sobre cómo formular proyectos y posibilidades de financiación.

*Actuación 4.b* → **Confederación de ASADAs** del Cantón de OSA, para manejar mayores fondos económicos y ayudar de manera global a todas las ASADAs. Además la confederación supone compartir experiencias sobre problemáticas similares, elegir estrategias comunes para afrontar el futuro del servicio del agua y a la vez, tener más peso como agente social. Según J.Olabarri (2011), se ha valorado que este comité precisaría de un presupuesto anual de 34.000\$. Esto incluiría los salarios de 2 trabajadores, el transporte, los gastos de oficina y el Control de calidad. Este presupuesto deberá dividirse entre las 16 ASADAs que formen la confederación del Cantón de Osa.

*Actuación 4.c* → **Promover los Pagos por Servicios Ambientales (P.S.A.)** para proteger las zonas de recarga de las cuencas hidrológicas que alimentan los sistemas de captación del acueducto rural.

La Ley Forestal 7575 de Costa Rica introduce el concepto de servicios ambientales como “los que brindan los bosques y plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente”. Esta ley reconoce cuatro servicios ambientales: protección de la biodiversidad, mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, belleza escénica y protección del recurso hídrico. Los P.S.A. se financian a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y mediante el Decreto Ejecutivo anual del MINAET, que establece la cuantía y condiciones de los pagos para cada año. Así, la ventana de acceso a la subvención y el importe de la misma por parte de los propietarios de las tierras de las cuencas implicadas, sería (Olabarri, 2011):

“Cuatrocientos dólares exactos (400 \$) por hectárea, para el Pago de Servicios Ambientales por protección de recurso hídrico, en las zonas de importancia hídricas identificadas por el Dirección de Aguas de MINAET y FONAFIFO, desembolsados en un período de cinco años, prorrogable por otro período de cinco años” (FONAFIFO, 2009).



### 5.3 Priorización del Plan de Mejoras

De las mejoras anteriormente presentadas para realizar en el acueducto rural no todas revisten el mismo grado de importancia, es decir que existe una priorización de ciertas actuaciones sobre otras dependiendo de factores temporales, financieros y de máxima necesidad.

Para organizar esta priorización se decidió establecer 3 niveles temporales atendiendo a criterios de necesidad de la actuación y presupuesto económico para llevarla a cabo, es decir que las mejoras se clasificaran en:

Prioridad 1: Medidas de extrema urgencia, que deberán acometerse con inmediatez, si existe el apoyo económico necesario, tras la presentación de este PFC.

Prioridad 2: Medidas recomendables a corto plazo, son medidas bastante necesarias pero que tienen un cierto margen para aplazarse en el tiempo.

Prioridad 3: Medidas a tomar a medio-largo plazo, que corresponden a actuaciones poco prioritarias pero que en un futuro deberán plantearse.

*Prioridad 1 → Medidas de extrema urgencia.*

**Tabla 5.3.1** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 1 (Medidas de extrema urgencia). Elaboración propia.

<b>Eje estratégico</b>	<b>Mejora</b>
Calidad	Cloración correcta, segura y sostenible.
Calidad-Seguridad	Vallado perimetral de las captaciones.
Calidad	Cambio de la Red de conducción.
Calidad	Cambio de posición de la tubería que toma el agua.
Oferta	Construcción de una serie de mini-diques de gavión.
Oferta	Instalación de un gran medidor de 4'.
Seguridad	Colocar una escalera de metal.
Organizativa	Actualización del Croquis de la ASADA con los datos mensuales de consumo.
Organizativa	Contabilidad mensual de las cuentas de la ASADA.
Organizativa	Realizar un aforo mensual de Caudales aguas arriba de las captaciones.
Organizativa	Campañas de sensibilización al ahorro y conservación del recurso hídrico.

*Prioridad 2 → Medidas recomendables a corto plazo.*

**Tabla 5.3.2** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 2 (Medidas recomendables a corto plazo). Elaboración propia.

<b>Eje estratégico</b>	<b>Mejora</b>
Calidad	Análisis en los periodos establecidos y recomendados.
Oferta	Elevación de la altura de las represas.
Oferta	Instalación de 307 instrumentos de micro-medición.
Organizativa	Reabrir el Comité de PSA, para promover la implicación social.
Seguridad	Mejorar las condiciones en la Oficina de la ASADA.
Económica	Idoneidad para el manejo de fondos públicos.

*Prioridad 3 → Medidas a tomar a medio-largo plazo.*

**Tabla 5.3.3** – Actuaciones incluidas en la Prioridad 3 (Medidas a tomar a medio-largo plazo). Elaboración propia.

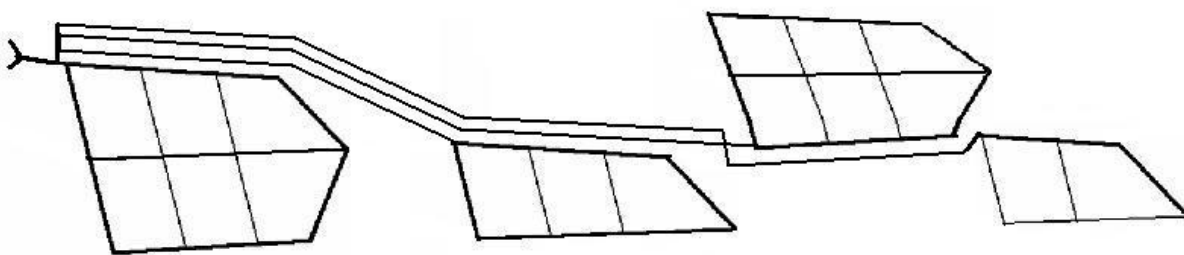
<b>Eje estratégico</b>	<b>Mejora</b>
Organizativa	Dotación de un vehículo para la ASADA.
Seguridad	Instalación de hidrantes en toda la comunidad.
Económica	Confederación de ASADAs de OSA.

#### 5.4 Propuesta de Futuros Proyectos

De manera complementaria a la serie de mejoras presentadas anteriormente, en este proyecto se proponen unas actuaciones más que precisarían de un estudio propio para su ejecución y que se entiende alargarían excesivamente el presente trabajo. Estas propuestas de proyectos futuros son las siguientes:

- Construcción de un segundo y más **moderno paso aéreo de la conducción sobre el Río Sierpe**, con el objetivo de minimizar el riesgo de desabastecimiento de agua a la comunidad y asegurar una vía complementaria para llevar el agua a Sierpe.
- Hacer una mejora en profundidad del **saneamiento local**, mediante la adecuación de la red de alcantarillado y comprobando el estado de los tanques sépticos de cada domicilio. Esta parte del P.S.A. queda algo al margen de este trabajo, pero el Ministerio de Salud de la Región Brunca dispone de la información y los medios necesarios para poder afrontar esta actuación.
- Transformar la red de distribución, que actualmente es lineal, a una **distribución por sectores o de servicio en ruta** (Figura 5.4.1), para permitir una mejor gestión del abastecimiento de agua y reducir el riesgo de desabastecimiento en caso de rotura. Se deberá estudiar si este tipo de distribución disminuye la pérdida de presión, especialmente para los abonados de los barrios más alejados.

**Figura 5.4.1** – Propuesta de red de distribución por sectores. Elaboración propia.



## 6.- ALTERNATIVAS ECONÓMICAS

### 6.1 VALORACIÓN ECONÓMICA POR EJES ESTRATÉGICOS

#### Prioridad 1 → Medidas de extrema urgencia.

Eje estratégico	Mejora	Coste (€)	Coste (\$)
Calidad	Cloración correcta, segura y sostenible.	2.161.380 €/año	4.322,76 \$/año
Calidad-Seguridad	Vallado perimetral de las captaciones.	1.343.123,04 €	2.686,25 \$
Calidad	Cambio de la Red de conducción.	1.281.035,18 €	2.562,07 \$
Oferta	Construcción de una serie de mini-diques de gavión.	779.750,86 €	1.559,50 \$
Oferta	Instalación de un gran medidor de 4'.	754.300,00 €	1.508,60 \$
Seguridad	Colocar una escalera de metal.	25.000,00 €	50,00 \$
Calidad	Cambio de posición de la tubería que toma el agua.	20.123,19 €	40,25 \$
Organizativa	Campañas de sensibilización al ahorro y conservación del recurso hídrico.	20.000,00 €	40,00 \$
Organizativa	Actualización del Croquis de la ASADA con los datos mensuales de consumo.	-----	-----
Organizativa	Contabilidad mensual de las cuentas de la ASADA.	-----	-----
Organizativa	Realizar un aforo mensual de Caudales aguas arriba de las captaciones.	-----	-----

#### Prioridad 2 → Medidas recomendables a corto plazo.

Eje estratégico	Mejora	Coste (€)	Coste (\$)
Oferta	Instalación de 307 instrumentos de micro-medición.	15.350.000,00 €	30.700,00 \$
Oferta	Elevación de la altura de las represas.	9.128.981,17 €	18.257,96 \$
Seguridad	Mejorar las condiciones en la Oficina de la ASADA.	966.778,68 €	1.933,56 \$
Calidad	Análisis en los periodos establecidos y recomendados.	240.000 €/año	480,00 \$/año
Organizativa	Reabrir el Comité de PSA, para promover la implicación social.	-----	-----
Económica	Idoneidad para el manejo de fondos públicos.	-----	-----

#### Prioridad 3 → Medidas a tomar a medio-largo plazo.

Eje estratégico	Mejora	Coste (€)	Coste (\$)
Seguridad	Instalación de hidrantes en toda la comunidad.	5.445.000 €	10.890,00 \$
Organizativa	Dotación de un vehículo para la ASADA.	5.000.000 €	10.000,00 \$
Económica	Confederación de ASADAs de OSA.	1.063.000 €/año	2.126,00 \$/año

## 6.2 PRESUPUESTOS

### Presupuestos por Ejes estratégicos

Eje 1 → Mejora de la Calidad del agua.	5.045.661,37 ¢	10.091,32 \$
Eje 2 → Mejora en la Oferta de agua.	10.678.838,21 ¢	21.356,76 \$
Eje 3 → Mejoras Organizativas y de Seguridad	6.456.778,68 ¢	12.913,56 \$
Eje 4 → Mejoras Económicas	1.063.000,00 ¢	2.126,00 \$

### Presupuestos por Prioridades temporales

Prio.1 → Medidas de extrema urgencia.	6.384.712,27 ¢	12.749,42 \$
Prio.2 → Medidas recomendables a corto plazo.	25.685.759,85 ¢	51.371,52 \$
Prio.3 → Medidas a tomar a medio-largo plazo.	11.508.000,00 ¢	23.016,00 \$

### Presupuesto TOTAL

<b>87.136,94 \$</b>
---------------------

## 7.- ACCIÓN PARTICIPATIVA

### 7.1 Introducción

El principal objetivo de realizar encuestas, reuniones y otras actividades participativas es conocer de primera mano la percepción que tienen y lo que realmente conocen, los usuarios del acueducto sobre el estado de las infraestructuras y el servicio que se les brinda. Se trata de técnicas básicas de investigación-acción participativa (IAP), la cual se define como un método de investigación y aprendizaje colectivo de la realidad, basado en un análisis crítico con la participación activa de los grupos implicados, que se orienta a estimular la práctica transformadora y el cambio social (Alberich, 2007).

El proceso de socialización del Plan de Seguridad de Agua es esencial, ya que la población debe estar implicada en el mantenimiento del recurso hídrico, en la necesidad de mejorar las infraestructuras y en la importancia de conocer el estado del acueducto. Por lo tanto es imprescindible fomentar un proceso de reflexión colectiva y de cambio social desde los niños en la Escuela, hasta las personas más mayores en sus actividades más cotidianas.

En Costa Rica existen unas circunstancias especiales y muy complejas respecto a los Planes de Seguridad de Agua al haber implicaciones económicas, sociales y ambientales. Una de las principales razones es la diferencia de intereses entre los diferentes grupos sociales, lo que dificulta la toma de decisiones en lo relativo a las mejoras del acueducto.

Según T. Alberich (2007) existen tres tipos de técnicas básicas de investigación social: Cuantitativas, Cualitativas y Participativas o Dialécticas. Gracias a la ayuda del personal de la ASADA y del Ministerio de Salud, pude desarrollar diferentes actividades de investigación-acción participativa.



## 7.2 Técnicas cuantitativas

En este apartado se incluirían las numerosas reuniones y entrevistas al personal de la ASADA, del Ministerio de Salud y de la Universidad, y mediante las cuales se obtuvo toda la información o datos estadísticos relativos al acueducto. Estos datos se codificaron y quedan reflejados en tablas y capas georreferenciadas para facilitar la gestión.

### I. Reuniones con D. José Edgar Ortega.

El señor Ortega es un trabajador del Ministerio de Salud, dependiente de la Dirección de Región Brunca, que apoya este trabajo. Edgar Ortega colabora estrechamente con el profesor D. Javier Bonatti, coordinador de la UCR de varios proyectos de cooperación sobre temas de agua y salud en Osa. Fue la primera persona con la que tuve contacto al llegar a Costa Rica y me facilitó mucho mi instalación y mi trabajo.

En estas reuniones, Edgar me explicó en qué consistía la metodología de los Planes de Seguridad de Agua y cuál es su importancia. Además fuimos perfilando los pasos a seguir en Sierpe para desarrollar el proyecto a lo largo de mi estancia.

### II. Entrevistas al personal de la ASADA.

Los 5 empleados de la ASADA (Administrador, Secretaria y 3 fontaneros) son las personas que a diario se ocupan del mantenimiento y de la gestión del acueducto. Con ellos pude conocer en persona todas las infraestructuras que conforman el sistema de abastecimiento y cómo se desarrollan todos los procedimientos administrativos.

En las numerosas visitas a la captación con los fontaneros, me explicaron y comprobé el estado de las diferentes infraestructuras y cómo gestionan los niveles de agua del depósito, abriendo y cerrando las válvulas de las tuberías que traen el agua desde las represas. También pude visitar las cuencas de captación, para comprobar los usos del suelo que se dan.



**Fotografía 6.2.1** – Instalando un medidor en Sierpe (izq.) y visita a la represa de “La Abuela” (dcha). Archivo del autor.

En la oficina de la ASADA, junto a Marcos Murillo y Karen Guzmán desarrollé todo el croquis del sistema de abastecimiento. Ellos me facilitaron información gráfica y por comunicación personal de la localización concreta de las conducciones, líneas de distribución y sus características, las acometidas,... También organizamos las actividades de socialización (Encuestas, Asamblea y Taller en la Escuela) que llevamos a cabo la última semana de mi estancia en Sierpe.

### III. Entrevista con D. Macario Pino.

Este proyecto está avalado por el CONARE (Consejo Nacional de Rectores), y de él forma parte el TEC (Instituto Tecnológico de Costa Rica). D. Macario Pino es un Ingeniero Ambiental de esta institución de enseñanza superior que ha trabajado con las ASADAs de Osa y un día tuve la oportunidad de conversar con él.

En la entrevista con D. Macario pudimos discutir varios aspectos del Plan de Seguridad de Agua para Sierpe y me sugirió varias ideas para incluir en el Plan de Mejoras del proyecto. Personalmente pienso que para este tipo de proyectos en cooperación al desarrollo es indispensable acercarse a las personas que mejor conocen la situación local y recibir sus consejos.

### IV. Reuniones con D. Javier Bonatti González.

El profesor D. Javier Bonatti, es el responsable de la UCR (Universidad de Costa Rica) de los proyectos de Agua y Salud en el Sur Pacífico con los que colabora desde 2007 el Programa de Cooperación CAB de la UPM. D. Javier es el tutor del presente proyecto y supervisó los avances en el desarrollo del Plan de Seguridad de Agua. Comentamos la importancia de concienciar a la población en el ahorro de agua para abaratar costes e insistir en la necesidad de controlar el consumo.

D. Javier me ofreció diversos medios técnicos para desarrollar mi trabajo en Sierpe. El profesor Bonatti lleva muchos años trabajando en la zona Pacífico-Sur de Costa Rica y conoce perfectamente la problemática del recurso hídrico, por lo que pudo aconsejarme muy bien y mostrarme su visión.

### 7.3 Técnicas cualitativas

En este apartado se incluye el análisis de las encuestas que se realizaron a diversas personas de los diferentes grupos o perfiles sociales que se definieron. Se llevó a cabo un proceso de decisión participativo, basado en técnicas de análisis de Decisión Multicriterio. Para ello se identificaron los grupos sociales siguientes:

- *Comerciantes*. Sierpe tiene un importante sector servicios que atiende al turismo, y su demanda de agua es bastante elevada, especialmente la de aquellos locales que ofrecen plazas hoteleras o habitaciones.
- *Vecinos*. Entre la mayoría NO hay conciencia por el ahorro de agua y en general se oponen a la instalación de los medidores en sus domicilios particulares.
- *Gestores del acueducto (ASADA)*. Los socios de la ASADA ejercen su labor como mejor pueden y de manera voluntaria. Intentan concienciar a la gente en el ahorro y regular el consumo evitando el desabastecimiento.

El análisis de Decisión Multicriterio ha demostrado ser un método poderoso para resolver problemas relacionados con la gestión y planificación de los recursos ambientales. La experiencia demuestra que, en muchos casos de la vida diaria, las decisiones no se toman conforme a un único criterio, como preconizan la mayor parte de los sistemas de optimización tradicionales, sino con arreglo a distintos criterios priorizados según las preferencias particulares de los decidores. La toma de decisiones implica la búsqueda de un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos, normalmente en conflicto. Este es el fundamento del enfoque empírico multicriterio o positivo (Romero, 1993). Del mismo modo, la evidente presencia de distintas “preferencias” nos introduce en una segunda dimensión del problema: la multirracionalidad de las sociedades rurales, encarnada en los distintos decisores o actores (Mora, 2000).

Las etapas cruciales de la programación multicriterio son la selección de los criterios, la asignación de pesos a los mismos, la definición correcta de las restricciones y la elección del tipo de métrica a utilizar dependiendo de la técnica elegida. No se debe dejar que la subjetividad o la falta de rigor influyan en estas etapas, pues puede condicionar la validez de los resultados. Debemos tener en cuenta que el análisis proporciona una solución o un conjunto de soluciones eficientes con respecto a los criterios considerados, la omisión de algún criterio o el fallo en la asignación de pesos, pueden invalidar los resultados del análisis. Estas observaciones son especialmente válidas en lo que respecta a la asignación de pesos de los criterios (Marchamalo, 2005).

En el contexto de la gestión del recurso hídrico en Sierpe, se han elegido cuatro criterios que pueden caracterizar las políticas a seguir en el futuro. Estos son:

- *Criterio del COSTE TARIFARIO*. Se refiere al precio que se paga por el agua, para que sea lo más barato y accesible posible. En Julio de 2012 se aprobaron a nivel nacional un alza de las tarifas y una diferenciación según tipo el de abonado (Ver apartado 4.5 de Diagnóstico del Consumo y Saneamiento).

- *Criterio del CONTROL DEL GASTO.* Se refiere al control de la demanda del recurso hídrico. Esto implica la instalación de medidores a todos los abonados, para conocer y regular la cantidad de agua que se consume. Esta instalación implica una fuerte inversión económica.
- *Criterio de la CONSERVACIÓN.* Se refiere a invertir en intervenciones hidrológico-forestales para la regulación de los caudales aguas arriba de la captación. Estas intervenciones son un importante instrumento para la conservación del patrimonio natural de las cuencas de captación y el control de la erosión.
- *Criterio de la CALIDAD DEL AGUA.* Se refiere a mejorar el control sanitario del agua, es decir fomentar acciones para asegurar una calidad de agua correcta de forma segura y continuada en el tiempo.

En este apartado se evalúa la preferencia de los distintos grupos sociales identificados con respecto a los criterios antes enunciados, con el fin de guiar la formulación de soluciones técnicas socialmente exitosas. Para ello se aplicó la metodología de agregación de preferencias individuales y grupales para la obtención de las preferencias de cada grupo social y de la sociedad en conjunto con respecto a los criterios planteados, empleando técnicas analíticas de programación por metas (Linares y Romero, 2002). Esta técnica permite obtener pesos finales asignados a cada criterio correspondientes a las preferencias de consenso de la sociedad. En este trabajo se emplean las citadas técnicas para evaluar socialmente las alternativas de mejora del abastecimiento rural de Sierpe en Costa Rica. Por tanto, para evaluar las preferencias grupales y sociales se seleccionaron cuatro criterios y tres grupos sociales (Tabla 6.3.1).

**Tabla 6.3.1** – Criterios y Grupos sociales utilizados para aplicar la Decisión Multicriterio. Elaboración propia.

PROBLEMA	CRITERIOS	GRUPOS SOCIALES
EVALUACIÓN DE CRITERIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN SIERPE	Coste tarifario	Comerciantes
	Control del gasto	Gestores de la ASADA
	Conservación de la naturaleza	Vecinos
	Calidad del agua	---
NÚMERO	4	3

A continuación, se seleccionaron aleatoriamente cinco personas de los grupos sociales *Comerciantes* y *Gestores de la ASADA*, y 10 personas del grupo *Vecinos*, al ser este último mucho más numeroso que los otros dos. A estas 20 personas se les encuestó utilizando el modelo de entrevista de Marchamalo (2005) (Anejo 10). Se solicitó a los decisores la comparación por pares de los criterios en conflicto, según la siguiente escala, traducida a valores numéricos: (1) cuando los parámetros son de la misma importancia, (3) moderada importancia de un parámetro sobre el otro, (5) fuerte importancia y (7) extrema importancia. Así cada juicio puede tomar valores desde (7) a (1/7). Esto se tradujo en la emisión de  $n(n-1)/2$  juicios, en nuestro caso  $n=4$  (criterios), es decir 6 juicios por cada entrevistado. Las respuestas de cada individuo fueron trasladadas a la matriz siguiente (Tabla 6.3.2), para la posterior evaluación de los pesos individuales normalizados para cada criterio. Este tipo de matrices posee propiedades recíprocas ( $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ).

Para hacer más sencillas las decisiones de los entrevistados en entorno rural, se ajustó y redujo a cuatro los niveles de decisión respecto a los cinco que proponía Saaty (1977).

**Tabla 6.3.2** – Saaty's Verbal Scale (*Journal of Mathematical Psychology*, 1977).

1	EQUAL IMPORTANCE
3	MODERATE IMPORTANCE
5	STRONG IMPORTANCE
7	VERY STRONG IMPORTANCE
9	EXTREME IMPORTANCE

**Tabla 6.3.3** – Matriz de comparación por pares.

<b>Criterio</b>	Criterio #1	Criterio #2	Criterio #3	Criterio #4
Criterio #1	<b>1</b>			
Criterio #2	---	<b>1</b>		
Criterio #3	---	---	<b>1</b>	
Criterio #4	---	---	---	<b>1</b>

El resultado de la aplicación de la metodología AHP, de Saaty, para la evaluación de criterios para el abastecimiento de agua en Sierpe (Costa Rica), se muestra en la Tabla 6.3.4.

#### *Tabla Pesos Individuales.*

Para la obtención de los pesos individuales, se sigue la metodología de Linares y Romero (2002), teniendo en cuenta la reciprocidad aceptada para nuestras matrices e incluyendo una condición para que la suma de los pesos individuales sea igual a uno, resulta:

Tabla 6.3.4 – Tabla de los pesos individuales, resultados del análisis con LINGO .

ENCUESTADOS	CRITERIOS				Índice CONSISTENCIA
	Coste	Cantidad	Conservación	Calidad	
<b>Vecino1</b>	0.060	0.086	0.427	0.427	98.93
<b>Vecino2</b>	0.312	0.312	0.064	0.312	95.84
<b>Vecino3</b>	0.125	0.375	0.125	0.375	91.34
<b>Vecino4</b>	0.250	0.250	0.250	0.250	92.84
<b>Vecino5</b>	0.082	0.249	0.083	0.586	69.77
<b>Vecino6</b>	0.022	0.159	0.023	0.796	97.57
<b>Vecino7</b>	0.060	0.086	0.427	0.427	98.57
<b>Vecino8</b>	0.046	0.318	0.318	0.318	99.14
<b>Vecino9</b>	0.092	0.031	0.658	0.219	92.50
<b>Vecino10</b>	0.060	0.086	0.427	0.427	98.93
<b>Comerciante1</b>	0.046	0.318	0.318	0.318	87.21
<b>Comerciante2</b>	0.046	0.318	0.318	0.318	90.07
<b>Comerciante3</b>	0.057	0.404	0.404	0.135	73.97
<b>Comerciante4</b>	0.100	0.300	0.300	0.300	89.72
<b>Comerciante5</b>	0.108	0.016	0.107	0.769	93.84
<b>Socio1</b>	0.057	0.404	0.404	0.135	84.99
<b>Socio2</b>	0.057	0.404	0.404	0.135	84.94
<b>Socio3</b>	0.057	0.404	0.135	0.404	85.69
<b>Socio4</b>	0.028	0.694	0.139	0.139	98.75
<b>Socio5</b>	0.061	0.061	0.439	0.439	98.23

El *Índice de Consistencia* muestra el grado de coherencia en las respuestas de los centros decisores. Se ha tomado 80% como límite mínimo de consistencia para cada decisor, por tanto quedan excluidos 2 de los entrevistados. Si se aumentaba más el límite, quedarían fuera demasiados decisores y se perdería mucha información. Por el contrario, si se reduce este límite, por debajo del 80%, habríamos incluido decisores “sin criterio” en sus respuestas.

Una opción más compleja, pero que permitiría incluir la información de los decisores NO consistentes la desarrollaron González-Pachón y Romero (2003). Su objetivo era reducir tanto como fuera posible la diferencia entre una matriz que no cumple las características exigidas, para que cumpla las condiciones de reciprocidad y consistencia.

#### *Tabla Pesos Grupales.*

Siguiendo la metodología para calcular los pesos grupales reduciendo las desviaciones entre los decisores, como explican Linares y Romero (2003), se obtienen los siguientes resultados:



Tabla 6.3.5 – Tabla de los pesos grupales, resultados del análisis con LINGO .

ENCUESTADOS	CRITERIO			
	Coste	Cantidad	Conservación	Calidad
<b>VECINOS</b>	0.060	0.247	0.318	0.375
<b>COMERCIANTES</b>	0.082	0.300	0.300	0.318
<b>SOCIOS</b>	0.057	0.404	0.404	0.135

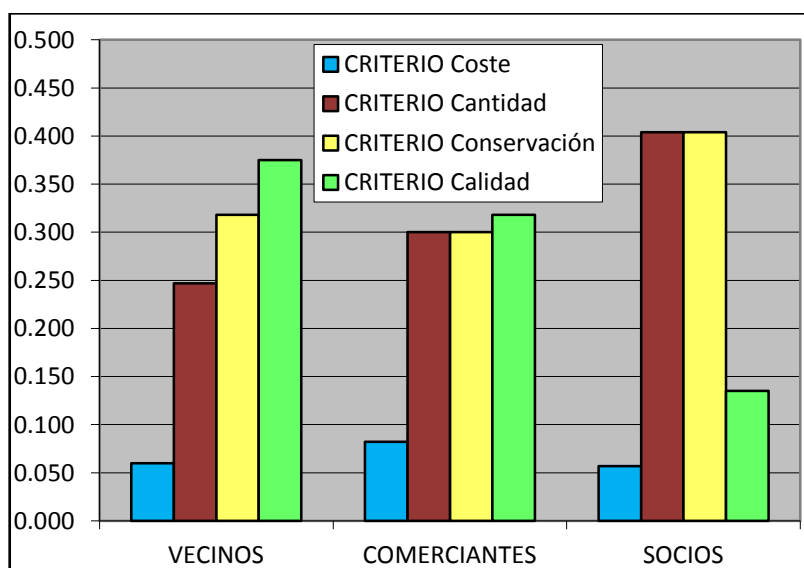
### CONCLUSIONES de la Decisión Multicriterio

Analizando los resultados obtenidos, se evidencian claras diferencias entre la importancia que asignan los diversos grupos sociales a los diferentes criterios. La excepción se presenta con el criterio del Coste del agua, ya que todos los grupos le asignan la mínima importancia, por lo que se puede entender que considerar barato el recurso hídrico y que estarían dispuestos a pagar más dinero para mejorar otros aspectos del abastecimiento.

El grupo de **Vecinos**, consideran de máxima importancia mejorar y asegurar la Calidad del agua, por encima de la Conservación del medio y de la Cantidad de agua ofertada. Es decir que para este grupo no existen problemas de desabastecimiento, pero consideran muy importante mejorar las condiciones sanitarias del agua y asegurar su calidad. El grupo de los **Comerciantes** en cambio, colocan al criterio Conservación del medio ambiente y de Cantidad de agua por debajo de la Calidad, ya que en sus negocios (el turismo principalmente) es indispensable ofrecer un agua de calidad y con condiciones sanitarias seguras, sobre los problemas ambientales que puedan surgir de la gestión para alcanzar los otros dos aspectos.

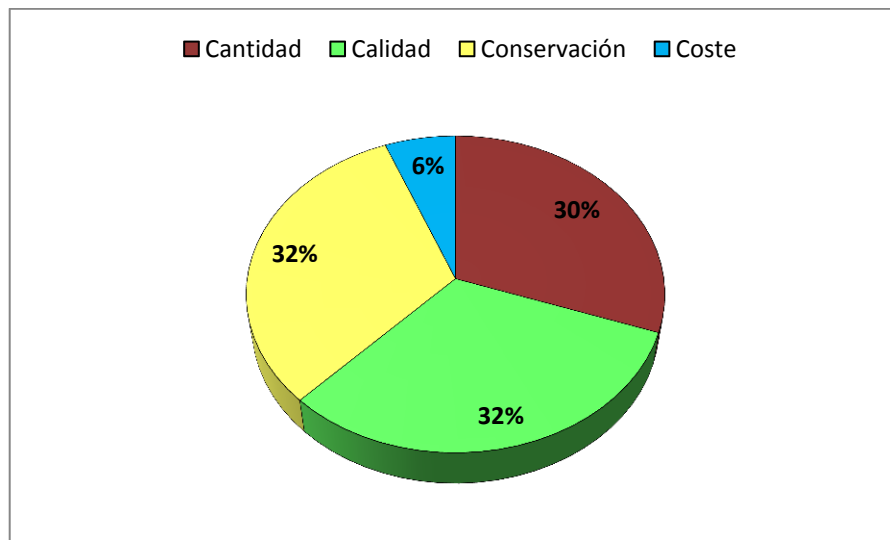
Por último, en el grupo de los **Socios** el resultado es que dan la máxima importancia al criterio Cantidad de agua y la Conservación del medio a los que asignan el mismo grado de importancia, sobre la Calidad del recurso hídrico, que la consideran aceptable. Muy por debajo, al igual que en los otros grupos queda el criterio del Coste.

Figura 6.3.1 – Gráfico del resultado de los Pesos Grupales. Elaboración propia.



Para terminar se han calculado los pesos sociales, es decir, la importancia que asignaría la SOCIEDAD como un solo grupo a los diferentes criterios. Esto nos servirá más adelante para decidir hacia que mejoras, de las propuestas en el apartado 5, interesa dirigir los mayores esfuerzos económicos, financieros y personales. Como se observa en la Figura 6.2.2, la mayor importancia se asigna a los criterios de Calidad de agua y Conservación. Por debajo queda la Cantidad, aunque a muy poca distancia; y como menos importante el criterio del Coste.

**Figura 6.3.2** – Gráfico del resultado de los Pesos Sociales. Elaboración propia.



### 7.4 Técnicas participativas

En el ámbito más social de la Acción participativa se realizaron 2 actividades que reunían a diferentes grupos sociales para hacerles partícipes de la necesidad de alcanzar un cambio socio-cultural respecto a la utilización del recurso hídrico.

El 10 de Agosto de 2012, me invitaron a realizar un **Taller en la Escuela Primaria** de Sierpe para concienciar a los niños y niñas sobre la importancia del ahorro de agua y para que conocieran el ciclo del agua y el esfuerzo que implica su abastecimiento. Para esta actividad tuve el apoyo de la ASADA y de la responsable del Ministerio de Educación en Sierpe.

**Figura 6.4.1** – Imágenes utilizadas para el Taller en la Escuela. Archivo del autor.



La actividad consistió en una presentación con fotografías y gráficos sobre el Ciclo del Agua, el uso que las personas hacen del recurso y las estructuras del acueducto de Sierpe. Después se realizaron unos collages y se les dieron unas recomendaciones de hábitos diarios para ahorrar agua.

El 17 de Agosto de 2012 se celebró la **Asamblea General** de los socios de la ASADA. Aparte de los diferentes temas administrativos que se trataron (renovación de cargos, informe de Tesorería,...) me invitaron a presentar mi trabajo en la ASADA. En dicha Asamblea contamos con la presencia del profesor D. Javier Bonatti y de D. José Edgar Ortega.



**Fotografía 6.4.1** – Presentación del proyecto en la Asamblea (izq.) y Junta Directiva de la ASADA (dcha).  
Archivo del autor.

Aunque la asistencia de socios a la Asamblea no fue muy abundante, se pudo apreciar la inquietud de los asistentes por mejorar en todos los aspectos posibles la gestión del acueducto y recibieron con agrado mi presencia y mi trabajo en apoyo del trabajo de la ASADA.

Durante esta Asamblea, se hizo entrega a los asistentes de un tríptico informativo que describe en qué consiste el Plan de Seguridad de Agua y algunos consejos para un uso más racional del recurso. Un ejemplo de este tríptico se presenta en el Anejo 12.

### 7.5 Conclusiones y Dificultades encontradas

Para cualquier actuación de cooperación en zonas rurales, como las del Pacífico-Sur de Costa Rica, es imprescindible conocer la opinión de los que allí viven y dar *voz y voto* a todas las partes implicadas. Como se dijo anteriormente el proceso de Socialización del Plan de Seguridad de Agua es, por tanto, muy importante. Esto no implica que el proceso sea sencillo, sino que al contrario, para el cooperante que viene de fuera y se encuentra una situación determinada en la que va a intervenir es complicado y surgen numerosas dificultades.

Durante mi estancia me encontré con gente muy participativa y con ganas y entusiasmo por trabajar en mejorar las condiciones del acueducto, pero también aparecen sujetos a los que no les parece bien que venga “gente de fuera” a intervenir. Algunas de las personas encuestadas se negaron a responder por tratarse de un tema, el del abastecimiento de agua, algo “delicado”. El abastecimiento y la gestión del agua han producido varios enfrentamientos entre vecinos y diversos grupos sociales.

A todo esto hay que añadir la personalidad de las gentes, de los *ticos*, muy extrovertida por lo general, pero al acercarse o tratar ciertos temas pueden ser muy retraídos e incluso huidizos.

Como conclusión a este apartado de Acción participativa, se puede decir que se ha obtenido información muy valiosa y necesaria para enfocar correctamente las mejoras a llevar a cabo en el acueducto y que la colaboración entre los diversos actores es fundamental.

## 8.- CONCLUSIONES

La realización de un Proyecto Fin de Carrera en el ámbito de la Cooperación al desarrollo supone para el estudiante, aparte de una enorme oportunidad, un aprendizaje extra para poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante la carrera.

En estos tiempos en los que la situación económica mundial es tan convulsa, la Cooperación al desarrollo se hace aún más necesaria. Estar implicado, invertir tiempo y dinero en este tipo de causas sociales y trabajar mano a mano con las comunidades rurales de los países en vías de desarrollo adquiere un valor especial.

Trabajar en un proyecto de Cooperación no significa “imponer” unas medidas o actuaciones, sino que es necesario conocer el contexto social, económico y ambiental de la comunidad. Es por tanto un aprendizaje mutuo, en el que el cooperante debe entender las costumbres, comprender las problemáticas locales y actuar de acuerdo a esas prácticas.

Al introducirme en el día a día de la ASADA de Sierpe, pude comprobar el escaso apoyo e implicación que existe por parte de las administraciones costarricenses para ayudar a los gestores de los acueductos rurales a solucionar los problemas y acometer las mejoras técnicas que los sistemas de abastecimiento requieren.

Con este trabajo, se ha demostrado que con un pequeño esfuerzo económico se pueden acometer una amplia serie de actuaciones que dotarían a la ASADA de mejoras técnicas, organizativas y sanitarias. Aunque la estancia del cooperante se prolongó únicamente un mes y medio, es fundamental darle continuidad al proyecto y trasladar ágilmente los resultados a los responsables del acueducto para que los conozcan. Además, sería muy importante trasladar e ir implementando los Planes de Seguridad de Agua en el resto de ASADAs de la región, lo que requerirá un esfuerzo en formación y una mayor implicación de todos los actores que intervienen en la gestión del agua.

Seguir la metodología de la Organización Mundial de la Salud para llevar a cabo el PSA (Plan de Seguridad de Agua), permite a través de un exhaustivo diagnóstico conocer cuáles son los principales problemas que sufre el acueducto rural y plantear las medidas que se entiende son las más convenientes, conocido el contexto social, económico y ambiental. Entre las actuaciones propuestas existen algunas de máxima prioridad, que son necesarias acometer a muy corto plazo y que significarían grandes avances en los aspectos de la Calidad del agua para consumo, la Oferta de agua para toda la comunidad de Sierpe y para mejorar y facilitar la gestión del acueducto a los responsables de la ASADA.



**9.- BIBLIOGRAFÍA y REFERENCIAS**

- K.N. BROOKS, P.F. FFOLLIOTT, H.M. GREGERSEN, L.F. DEBANO, 2003. *Hydrology and the management of watersheds*. Iowa State Press. Iowa (EE.UU.).
- J.M.GANDULLO, 2000. *Climatología y Ciencia del suelo*. 408pp. FUCOVASA. ETSI Montes. Madrid (España).
- A.OSUNA & C.MATEOS, 1969. *Apuntes de Hidráulica*. Servicio de Publicaciones de Alumnos ETSI Caminos, Canales y Puertos. Madrid (España).
- T.ALBERICH, 2008. *La Investigación-Acción Participativa, método y práctica*. Universidad de Jaén. Jaén (España).
- M.CHINCHILLA, R.MATA, A.ALVARADO, 2011. *Caracterización y Clasificación de algunos Ultisoles de la Región de los Santos, Talamanca, Costa Rica*. Agronomía Costarricense, 35(1): 59-81. Universidad de Costa Rica. San José (Costa Rica).
- F.RIVERA & O.RODRÍGUEZ, 2005. *El diseño adecuado de instalaciones de cloración*. Voluntad Hidráulica, 46-52. GEAAL. La Habana (Cuba).
- R.BARRERA, 2010. *Dinámica del dengue y Aedes aegypti en Puerto Rico*. Revista Biomédica, 21: 179-195. San Juan (Puerto Rico).
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2005. *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima (Perú).
- Ministerio de Planificación Nacional (MIDEPLAN), 2011. *ASIS del Aeropuerto Internacional del Sur*. San José (Costa Rica).
- ASADA La Gallega y Estero Azul, Sierpe, 2011. *PROYECTO: Construcción de obras de captación y almacenamiento en acueducto de Sierpe*. ASADA Sierpe. Osa (Costa Rica).
- Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA), 2011. *Planes de Seguridad del Agua: "Promoción del acceso al agua potable y al saneamiento básico como Derecho Humanos en los Distritos de Sierpe y Cortés del Cantón de OSA, Costa Rica"*. ACEPESA. San José (Costa Rica).
- E.CUSTODE & M.VIENNOT, 1983. *El riesgo de erosión en la Región Amazónica*. Seminario de "Políticas sobre conservación de los recursos renovables, en particular del recurso suelo". Quito (Ecuador).
- A.MORA & A.ARAYA, 2008. *Estado del agua para Consumo Humano y Saneamiento en Costa Rica al año 2007*. Revista Costarricense de Salud Pública, 17(32): 17-34. ACOSAP, San José (Costa Rica).
- J.MORA & G.CALVO, 2010. *Evaluación y Clasificación de la calidad de varios cuerpos de agua en la Península de Osa*. Tecnología en Marcha, 24(3): 15-29. Cartago (Costa Rica).
- M.AURAZO, 2004. *Manual para Análisis básico de calidad de agua de bebida*. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Lima (Perú).
- P.A.ALIAGA, 2003. *Medición y Control de fugas*. Sistema Modular de Capacitación Boliviana, Módulo N°14. ANESAPA. La Paz (Bolivia).
- J.A.AMADOR & E.ALFARO, 1996. *La Oscilación Cuasi-bienal, ENOS y acoplamiento de algunos parámetros superficiales y estratosféricos sobre Costa Rica*. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, 3(1): 45-53. San José (Costa Rica).

- A. JOURAVLEV, 2004. *Los servicios de Agua potable y Saneamiento en el umbral del siglo XXI*. SERIE Recursos Naturales e Infraestructuras, N°74. CEPAL. Santiago (Chile).
- N.VINYET, 2012. *Ordenación Agrohídrológica y propuesta de medidas preventivas y correctoras para mitigar la erosión hídrica en el Subkebele-Wayu, tierras altas de Etiopía*. Proyecto de Fin de Carrera. ETSI Montes. Madrid (España).
- J.OLABARRI, 2011. *Plan de Mejora de los Abastecimientos de agua comunitarios del Cantón de Osa (Costa Rica)*. Proyecto de Fin de Carrera. ETSI Agrónomos. Madrid. (España).
- J.BARTRAM, L.CORRALES *et al.*, 2009. *Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad de Agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra (Suiza).
- P.FERNÁNDEZ, 2009. *NUNKUI, Desarrollando las capacidades de comunidades indígenas para la gestión territorial*. X Convocatoria de Subvenciones y Ayudas para la Cooperación, la Solidaridad y el Desarrollo Humano de la U.P.M. Grupo de Cooperación e Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid (España).
- M.MARCHAMALO, 2004. *Ordenación del territorio para la producción de servicios ambientales hídricos. Aplicación a la cuenca del Río Birris (Costa Rica)*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid (España).
- M.MARCHAMALO & C.ROMERO, 2007. *Participatory decision-making in land use planning: An application in Costa Rica*. Ecological Economics, 63: 740-748. Madrid (España).
- P.LINARES & C.ROMERO, 2002. *Aggregation of preferences in an environmental economics context: A goal-programming approach*. Omega, 30: 89-95. Madrid (España).
- J.GONZÁLEZ-PACHÓN & C.ROMERO, 2007. *Inferring consensus weights from pairwise comparison matrices without suitable properties*. Springer, 154: 123-132. Madrid (España).
- J.GONZÁLEZ-PACHÓN & C.ROMERO, 2003. *A method for dealing with inconsistencies in pairwise comparisons*. European Journal of Operational Research 158: 351-361. Madrid (España).
- J.GONZÁLEZ-PACHÓN *et al.*, 2003. *Transitive approximation to pairwise comparison matrices by using interval goal programming*. Journal of the Operational Research Society, 54: 532-538. Madrid (España).
- AWWA (American Water Works Association), 2002. *Calidad y tratamiento del agua. Manual de Suministros de Agua Comunitaria*. McGraw-Hill. Madrid (España).
- [www.corcovadofoundation.net](http://www.corcovadofoundation.net)
- [www.guiadelacalidad.com/modelo-efgm/analisis-dafo](http://www.guiadelacalidad.com/modelo-efgm/analisis-dafo)
- [www.durman.com](http://www.durman.com)

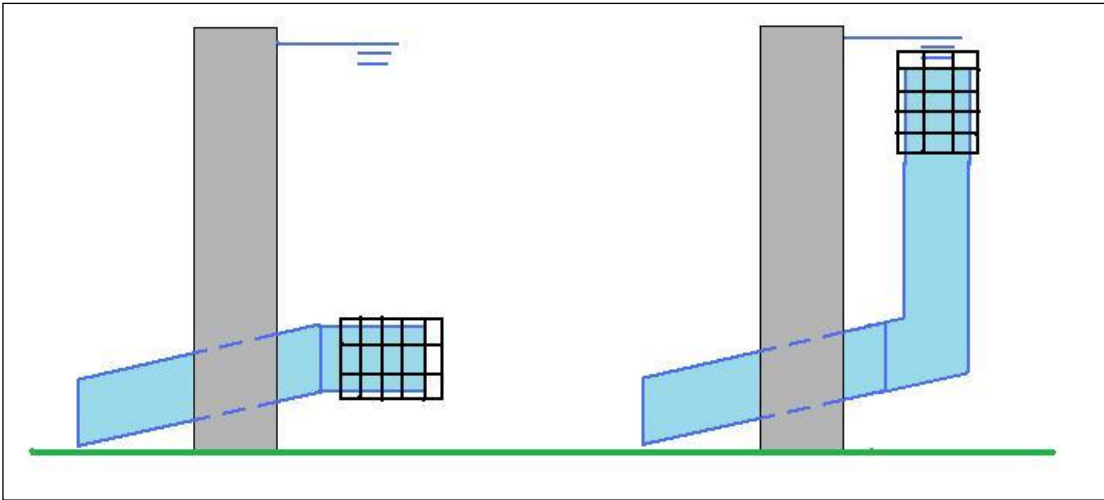
## ANEJOS

### 1.- Cambio de posición de la tubería que toma el agua

La toma de agua se sitúa en la actualidad en la parte inferior de las represas (Figura A.1-izq), lo que provoca que el agua entre con más partículas, aunque el tubo dispone de una estructura de alambre metálica y una malla plástica alrededor. En la parte inferior de la represa se concentra mayor cantidad de sedimentos por el proceso de decantación.

Esta medida consiste en colocar un codo y alargar el tubo hasta la parte superficial de la represa (Figura A.1-dcha), donde el agua es más clara y por tanto se evita la entrada de tantas partículas o sedimentos en la red de agua del acueducto y se limita el trabajo o un mayor esfuerzo posterior del pre-filtro. La altura de este tubo vertical debe poder regularse en cierta medida para adaptarse, en la época seca, al nivel del más bajo de la lámina de agua.

**Figura A.1** – Croquis de las posiciones de las tomas de agua en las represas. Elaboración propia.



Para llevar a cabo esta obra se precisa:

**Tabla A.1** – Materiales y precios para el cambio de posición de la toma de agua. Elaboración propia.

Material	Cantidad	Precio
Tubería PVC ( $\phi=200\text{mm}$ )	1,5 m	356 ¢/ud 6m
Tubería PVC ( $\phi=150\text{mm}$ )	2,5 m	332 ¢/ud 6m
Codos	3	150 ¢/ud
Pegamento PVC	1	500 ¢/ud
Transporte	10%	120,50 ¢
Mano de obra	2	9.011,86 ¢/día
Gastos Generales	4%	773,97 ¢

Para la ejecución de esta obra se precisará de 2 Trabajadores Calificados: 2 Fontaneros

El presupuesto TOTAL para esta obra asciende a **20.123,19 ¢** (40,25 \$), y se debería ejecutar en una jornada de trabajo.

## 2.- Vallado perimetral de las captaciones.

Siguiendo las instrucciones del Ministerio de Salud, se debe colocar un vallado perimetral alrededor de las láminas de agua de las captaciones. El vallado comúnmente utilizado en la zona de Sierpe, para este tipo de sistemas de seguridad, es la malla de simple torsión de 2 m de altura, con 3 líneas de alambre de espinos en la parte superior, que se inclinarán hacia el exterior de la captación para dificultar el acceso.

Se midieron los perímetros de las tres captaciones para estudiar la cantidad de material necesario. “El Amarillón” tiene un perímetro de 100 m, y las otras dos represas, “La Abuela” y “Pollo Macho” unos 60 m cada una, por lo que en total habría que instalar 220 m de vallado.

Los pilares de acero verticales se colocan cada 3 metros lineales y al menos 1 de cada 4 deberá ir arriostrado con otra barra inclinada. Cada pilar deberá anclarse al suelo con una base de hormigón de 25x25x50 cm.

**Tabla A.2** – Materiales y precios para el vallado perimetral de las captaciones. Elaboración propia.

Material	Cantidad	Precio
Malla de simple torsión (2m de altura)	250 m	4.500 ¢/6m
Pilares de acero (95 u.)	330 m	10.500 ¢/6m
Alambre de espinos	750 m	19.500 ¢/360m
Hormigón	3,5 m <sup>3</sup>	21.000 ¢ /m <sup>3</sup>
Transporte	10%	87.912,50 ¢
Mano de obra	3	9.011,86 ¢/día
Gastos Generales	4%	51.658,58 ¢



**Fotografía A.2** – Ejemplos del tipo de vallado a instalar alrededor de las captaciones.

Para la ejecución de esta obra se precisará de 3 Trabajadores Calificados:

1 Armador de construcción

2 Operarios de la construcción

Para la ejecución de esta obra se precisarán 12 jornadas de trabajo, teniendo en cuenta que no podemos contar con muchos medios mecánicos al tratarse de zonas boscosas y de difícil acceso para la maquinaria.

El presupuesto TOTAL para esta obra asciende a **1.343.123,04 ¢** (2.686,25 \$).



### 3.- Cambio de la Red de Conducción.

El cambio de la tubería de conducción entre el tanque de almacenamiento y el paso aéreo sobre el río Sierpe es otra de las instrucciones que el Ministerio de Salud hizo a principios de 2012. La conducción recorre una longitud de 2,1 km por medio del bosque.

Tramo	Diámetro	Longitud
I	250 mm	175 m
II	200 mm	425 m
III	150 mm	1500 m

Esta infraestructura requiere además de una serie de *achicadores*, para vaciar la tubería si fuera necesario, *válvulas de aire*, para evitar roturas por golpe de ariete en sobrepresiones y *llaves de corte*, para facilitar la gestión del acueducto y la reparación de las posibles roturas en un futuro. Se considera, que para esa longitud total de red, la distancia óptima para colocar las arquetas donde irán esos dispositivos es de 200 m, adaptándose a las condiciones del terreno.

Cada una de las arquetas serán de 80x80x100 cm, construidas con bloques de hormigón y llevarán una tapa de metal con un candado para evitar el acceso a terceros.



**Fotografía A.3** – Imágenes de partes de la actual Red de Conducción. Archivo del autor.

**Tabla A.3** – Materiales y precios para el cambio de la Red de Conducción. Elaboración propia.

Material	Cantidad	Precio
Tubería PVC ( $\phi=250\text{mm}$ )	30 ud.	372 ¢/ud 6m
Tubería PVC ( $\phi=200\text{mm}$ )	32 ud.	356 ¢/ud 6m
Tubería PVC ( $\phi=150\text{mm}$ )	250 ud.	332 ¢/ud 6m
Uniones y Giros	500 ud.	150 ¢/ud
Válvulas	10 ud.	100 ¢/ud
Pegamento para PVC	25	500 ¢/ud
Bloques de hormigón	330	380 ¢/ud
Hormigón	3 m <sup>3</sup>	21.000 ¢/m <sup>3</sup>
Transporte	10%	38.245,20 ¢
Mano de obra	3	9.011,86 ¢/día
Gastos Generales	4%	49.270,58 ¢



Para la ejecución de esta obra se precisará de 3 Trabajadores Calificados:

Fontaneros – 2

Operario de la construcción – 1

Para la ejecución de esta obra se precisarán 30 jornadas de trabajo, teniendo en cuenta que no podemos contar con muchos medios mecánicos al tratarse de zonas boscosas y de difícil acceso para la maquinaria.

El presupuesto TOTAL para esta obra asciende a **1.281.035,18 ¢** (2562,07 \$).

#### 4.- Elevación y acondicionamiento de las represas.

La elevación de las represas tiene como objetivos aumentar de forma sustancial su capacidad de almacenamiento de agua y mejorar las condiciones de seguridad de las infraestructuras actuales.

Disponer de mayor cantidad de agua almacenada permitirá a los gestores poder regular mejor el abastecimiento, según las necesidades de la comunidad. Por otra parte, una inversión de este tipo, es más económica que la de instalar desde cero una nueva captación y red de conducción, como se proponía en el Proyecto de Miramar.

En la actualidad la represa de “El Amarillón” tiene 26,5 m de largo y 2 m de altura sobre la parte del vertedero. La represa tiene forma de U, es decir, que no es una estructura transversal al cauce, si no que las alas se cierran hacia atrás. “La Abuela”, es una estructura más pequeña, de tan sólo 8 m de largo y 80cm de altura.



**Fotografía A.4.1** – Represas de “El Amarillón” (izq.) y de “La Abuela” (dcha.). Archivo del autor.

Como puede observarse en las fotografías, las condiciones de mantenimiento de las represas son muy deficientes. Se pueden identificar los siguientes problemas:

- Erosión por los laterales, por el desborde que se produce con las avenidas. Este proceso puede provocar el descalce de los muros.
- Los redondos de acero que arman las estructuras sobresalen por la parte superior del muro, además del problema técnico que esto supone al irse oxidando, suponen un riesgo contra la seguridad.

En este anejo se tratarán los aspectos técnicos de la ampliación de la represa de “El Amarillón” y que supone elevar la altura del muro 1,4m contando con las alas. El vertedero, y por tanto la altura hasta la que se podrá almacenar agua, se eleva 1,5 m, ya que ahora la evacuación se realiza por unos conductos que hay instalados en medio del muro y hacen perder medio metro de altura de almacenaje.

Mediante una aplicación facilitada por la Cátedra de Hidráulica e Hidrología, que está desarrollada para diques de gavión, pero que con los cambios oportunos puede adaptarse a este tipo de represas construidas con bloques de hormigón, se calcula como actuarán los

diferentes esfuerzos y por donde irá la lámina de agua en la sección más crítica de la represa, que corresponde al centro del vertedero, para un caudal de  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Para dimensionar el vertedero, se utiliza la fórmula del caudal de desagüe:

$$q = b \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

Debido a la escasa información sobre caudales mensuales de que se dispone, se acepta la hipótesis de que al encontrarse tan próximas las cuencas y ser de superficie equivalente, podemos aceptar que el caudal que discurre por “Pollo Macho”, que ya cuenta con un vertedero relativamente moderno, es similar al caudal que circula por “El Amarillón” y por tanto podemos dimensionarlo de la misma manera para el caudal máximo de avenida.

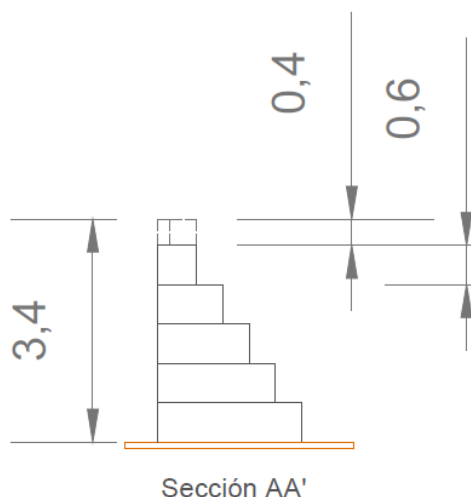


**Fotografía A.4.2** – Represa de “Pollo Macho”, con el vertedero de 1x1 metros. Archivo del autor.

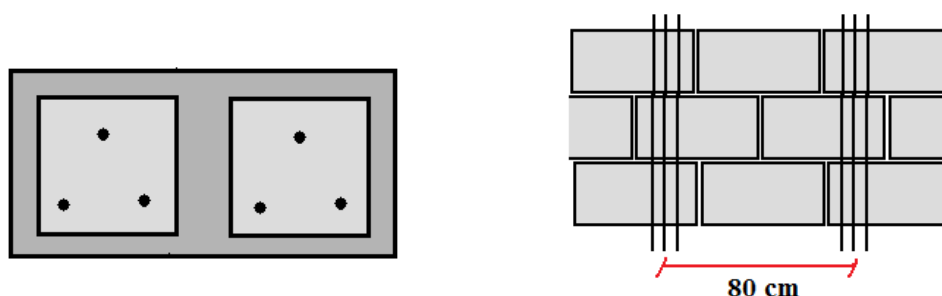
Aceptando esa hipótesis, y para evitar tener un vertedero excesivamente alto, que eleva la altura de agua y por tanto obligaría a aumentar la masa del dique, se dimensiona el ancho del vertedero de la siguiente manera:

$$K \cdot b_1 \cdot h_1^{3/2} = K \cdot b_2 \cdot h_2^{3/2}$$

Para los valores de  $b_1=1,0\text{m}$  y  $h_1=1,0\text{m}$  correspondientes a la represa de “Pollo Macho”; y poniendo  $0,4 \text{ m}$  de altura para el vertedero de “El Amarillón”, resulta despejando  **$b_2=3,95 \text{ m}$** .

**Figura A.4.1** – Croquis de la sección crítica del proyecto para la represa de “El Amarillón”. Elaboración propia.

La armadura que precisará esta represa consistirá en grupos de 3 redondos formando triángulos equiláteros, que se colocarán a separación de 80 cm a lo largo de la represa. Habrá dos hileras de armadura vertical, una pegada a la pared trasera del dique y una segunda 80 cm hacia delante, por lo que sólo alcanzará hasta el tercer escalón de la represa. Los bloques se colocarán de tal forma que vayan casando correctamente para el paso de la armadura vertical.

**Figura A.4.2** – Croquis de las armaduras a instalar en la represa de “El Amarillón”. Elaboración propia.

El volumen nuevo total a construir es de 89 m<sup>3</sup>.

**Tabla A.4** – Materiales y precios para la elevación de la represa de “El Amarillón”. Elaboración propia.

Material	Cantidad	Precio
Bloques de hormigón (20x20x40)	5.700 ud.	750 €/ud
Varilla ( $\phi=10\text{mm}$ , cada 0,80m)	360 m	2.450 €/6m
Alambre	700 m	11.300 €/356m
Excavación y relleno	34 m <sup>3</sup>	390€/m3
Pintura azul	15 gal.	9.500 €/gal.
Hormigón	120 m <sup>3</sup>	21.000 €/m3
Transporte	10%	23.920 €
Mano de obra	3+1	9.011,86 €/día
Gastos Generales	4%	351114.66 €

Para la ejecución de esta obra se precisará de 3 Trabajadores Calificados y un Trabajador Especializado, para la correcta instalación de las varillas de acero.

Para la ejecución de esta obra se precisarán 25 jornadas de trabajo, teniendo en cuenta que no podemos contar con muchos medios mecánicos al tratarse de zonas boscosas y de difícil acceso para la maquinaria. Además, a este periodo habría que sumar los tiempos para transportar el material desde Sierpe hasta la zona de obra.

El presupuesto TOTAL para esta obra asciende a **9.128.981,17 ¢** (18.257,96 \$).





## 5.- Construcción de mini-diques.

La construcción de estas pequeñas infraestructuras tienen como objetivo la retención de sedimentos aguas arriba de las represas, para evitar así que estos se depositen en los fondos de las represas de captación. Estas partículas disueltas son especialmente abundantes cuando la precipitación torrencial produce fuertes avenidas que van erosionando el suelo y arrastran esos sedimentos.

Los sedimentos serán depositados detrás de los diques con una pendiente inferior a la pendiente del terreno por el que discurre el cauce. La pendiente de los depósitos dependerá tanto de la velocidad del flujo de agua, como del tamaño de las partículas. La relación entre la pendiente de los sedimentos y la pendiente original del cauce se ha estimado entre 0,3 y 0,6 para suelos arenosos y entre 0,6 y 0,7 para suelos limo-arcillosos (K.N.Brooks, 2003).

Señalar que estas infraestructuras serían inútiles e ineficientes si no existiera la gran cobertura vegetal que ofrece el bosque tropical lluvioso. La selva natural asegura una excelente protección del suelo, desempeñando un triple papel:

- Absorbe energía de las gotas de lluvia.
- Fija el suelo con las raíces.
- Frena la escorrentía.

Si la selva se reemplaza por otros cultivos arbóreos o arbustivos (palma africana, teca, café, etc.), el daño ocasionado a los suelos es similar al producido bajo una selva natural, pues este nuevo medio reproduce las condiciones. Pero con los cultivos (anuales o perennes) el peligro de erosión es muy significativo, al quedar el suelo desprotegido de una cubierta (Custode, 1983).

Heede y Mufich (1973) desarrollaron una fórmula para calcular el espaciado necesario entre este tipo de mini-diques:

$$S_p = \frac{H_e}{K_c G \cos \theta}$$

donde  $S_p$  es la longitud de espaciado;  $H_e$ , es la altura efectiva del dique;  $\theta$ , es el ángulo correspondiente a la pendiente del cauce;  $K_c$  y  $G$  son otras variables que dependen de la cantidad de partículas y de la pendiente. (K.N.Brooks, 2003).

En el caso que nos ocupa, los mini-diques se construyen con bloques de gavión de 1m de altura, pero la altura efectiva ( $H_e$ ) será únicamente 0,80 m, para dejar unos centímetros de cimentación, bajo el nivel del suelo. La pendiente es del 5%, es decir que  $\theta=2,86^\circ$  y se ha definido un  $K_c=0,3$ .

Por tanto, con las condiciones establecidas, se obtiene un espaciamiento de **55 m**. Esta distancia no debe tomarse como una cifra fija, si no que podrá ser algo mayor/menor según las condiciones locales del terreno que permitan una instalación sencilla de los bloques y buscando los puntos del cauce más estrechos.

Se ha decidido colocar 4 mini-diques aguas arriba de “El Amarillón” y 2 aguas arriba de “Pollo Macho”. Se consideran suficientes para reducir el problema y porque no es conveniente intervenir en zonas más alejadas en las que el acceso y el transporte del material es más complicado.

El precio de los gaviones, de dimensiones 2x1x1 m, es de 29.200 colones (58,40\$) por lo que el precio global ascendería a:

**Tabla A.5** – Materiales y precios para la construcción de los mini-diques. Elaboración propia.

Material	Cantidad	Precio
Gaviones	6 ud.	29.200 ¢/ud
Piedra para gavión	20 m <sup>3</sup>	3.200 ¢/m <sup>3</sup>
Transporte	10%	23.920 ¢
Mano de obra	3	9.011,86 ¢/día
Gastos Generales	4%	29.990,42 ¢

Para esta obra, se estima que se podrá colocar un mini-dique cada 3 días, por tanto harán falta 18 jornadas de trabajo, en un terreno de difícil acceso y con maquinaria manual.

El presupuesto TOTAL para esta obra asciende a **779.750,86 ¢** (1.559,50 \$).



**Fotografía A.5** – Cauce donde se instalarán los primeros mini-diques (arriba-izq.). Archivo del autor.

Ejemplos del tipo de dique a colocar en Sierpe. Imágenes de trabajos hidrológicos en Canarias. Archivo de J.L. García.

## 6.- Hidrantes.

Según la legislación costarricense en áreas urbanas debe de existir un hidrante cada 180 metros. A día de hoy existe únicamente uno instalado junto al Parque de Sierpe, por lo que harían falta instalar, según puede verse en el Mapa III, **9 nuevos hidrantes**.

Los hidrantes deben disponer de 3 o 4 tomas de agua para los bomberos, estar señalizados y cerrados, con las medidas de seguridad normalizadas.

Esta mejora debería haberse hecho simultáneamente a la urbanización de los diferentes barrios de Sierpe. Ahora es responsabilidad de la ASADA, pero su precio asciende a 550.000 ₡ (1.100\$) cada uno y actualmente no se considera una mejora indispensable.

En el nuevo barrio de Villas de Sierpe, donde se proyectan edificar 45 viviendas nuevas de alto-standing, se obligará a los promotores a la instalación de los 5 hidrantes que corresponden al área a urbanizar.



**Fotografía A.6** – Único Hidrante actualmente instalado en Sierpe. Archivo del autor.



## 7.- Mejora de las condiciones en la Oficina

La oficina de la ASADA “La Gallega y Estero Azul, Sierpe” es una caseta en el Centro de Sierpe de unos 60 m<sup>2</sup> con tejado de chapa de zinc y una abertura en la parte superior de la pared, como puede observarse en la fotografía inferior.



**Fotografía A.7** – Imágenes de la oficina de la ASADA de Sierpe. Archivo del autor.

El edificio se divide en una parte delantera de oficina y una zona trasera de almacén. La propuesta es cerrar la abertura superior de la zona de oficina, instalar un doble techo aislante y colocar un aparato de aire acondicionado. En un periodo de tan solo cuatro días y con una inversión relativamente baja se mejorarían mucho las condiciones de trabajo de los empleados de la ASADA.

**Tabla A.7** – Materiales y precios para las mejoras en las condiciones de la oficina. Elaboración propia.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
Materiales aislantes e instalación	30 m <sup>2</sup>	14.500 ¢/m <sup>2</sup>
Apar. Aire acondicionado	1	422.500 ¢
Mano de obra	2	9.011,86 ¢/día
Gastos Generales	4%	37183.80

El presupuesto TOTAL para esta mejora asciende a **966.778,68 ¢** (1.933,56 \$).

## 8.- Matrices de Planificación

**Tabla A.8.1** – Matriz de planificación para el Objetivo general. Elaboración propia.

Lógica de Intervención	Resumen descriptivo	Indicadores Objetivamente Verificables	Fuentes de Verificación	Hipótesis
<b>Objetivo General</b>  Elaborar el Plan de Seguridad de Agua para mejorar el abastecimiento y el saneamiento de agua en la comunidad rural de Sierpe, en la costa sur-pacífica de Costa Rica.	La elaboración de un PSA, como recomienda la OMS para comunidades rurales como Sierpe, permitirá conocer los riesgos que afectan al acueducto y mejorar la gestión tanto del global del abastecimiento, como del saneamiento.			En Costa Rica la gestión del agua está descentralizada del Estado, y la llevan a cabo las ASADAS (Asociación Administradora del Acueducto) y la participación ciudadana, aprovechando el tejido social es muy importante.

**Tabla A.8.2** – Matriz de planificación para los dos primeros Objetivos específicos. Elaboración propia.

Lógica de Intervención	Resumen descriptivo	Indicadores Objetivamente Verificables	Fuentes de Verificación	Hipótesis
<p><b>Objetivo específico</b> Mejorar las condiciones de captación y tratamiento en la cuenca, es decir <i>optimizar la oferta de agua potable</i> a disposición de la comunidad.</p> <p><b>Objetivo específico</b> Optimizar y <i>regular la distribución y el consumo</i> de agua en la población.</p>	<p>El proyecto pretende desarrollar obras de mejora en las infraestructuras de captación del acueducto y optimizar la gestión para un uso del recurso hídrico más sostenible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al finalizar la acción, la ASADA dispone de unas <b>estructuras con mayor capacidad para el almacén y la gestión</b> del agua en la captación.</li> <li>• Al finalizar la acción, se han <b>acondicionado las tuberías y las estructuras que forman parte del tratamiento</b> de agua en el acueducto.</li> <li>• Al finalizar la acción se han <b>instalado medidores a todos los abonados para regular el consumo y un macro-medidor para monitorizar la oferta</b> de agua a la comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes anuales de evaluación de indicadores del Proyecto.</li> <li>• Informe narrativo de ejecución del proyecto.</li> <li>• Documentos de convenios de la ASADA con las entidades financiadoras.</li> <li>• Reportes fotográficos.</li> <li>• Actividades de formación para la gestión y el mantenimiento de las nuevas estructuras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La oferta climatológica de agua en la zona de Sierpe es suficiente a lo largo del año, lo importante es llevar a cabo una buena gestión del recurso.</li> <li>• La cultura del uso racional del agua en este tipo de comunidades rurales es prácticamente inexistente, y se considera el agua un recurso inagotable.</li> </ul>



**Tabla A.8.3** – Matriz de planificación para el tercer Objetivo específico. Elaboración propia.

Lógica de Intervención	Resumen descriptivo	Indicadores Objetivamente Verificables	Fuentes de Verificación	Hipótesis
<p><b>Objetivo específico</b> Aplicar las medidas necesarias para <i>garantizar una calidad del agua</i> en condiciones económicamente y logísticamente sostenible.</p>	<p>El proyecto desarrolla medidas necesarias para asegurar una calidad del agua acorde con los requisitos físico-químicos exigibles y cumplir con los requisitos del Ministerio de Salud.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al finalizar la acción <b>la toma de agua en las represas queda acondicionada</b> en la parte superficial de la lámina de agua.</li> <li>• Al finalizar la acción la ASADA dispondrá de mejor <b>solventia económica para realizar la cloración de forma continua y sostenible</b> y realizar los análisis en los periodos establecidos para el control de la calidad del agua.</li> <li>• Se habrá <b>cambiado la tubería de la red de conducción y se habrá vallado el perímetro</b> de las represas de captación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes anuales de evaluación de indicadores del Proyecto.</li> <li>• Informe narrativo de ejecución del proyecto.</li> <li>• Reportes fotográficos.</li> <li>• Resultados de los análisis trimestrales de calidad de agua.</li> <li>• Documentos de convenios de la ASADA con las entidades financiadoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La descentralización de la gestión de los acueductos rurales y la situación de “soledad” en la que se encuentran las ASADAs impide un control regural de la calidad del agua, que repercute en la salud de los habitantes y la conciencia social respecto a los gestores.</li> </ul>

**Tabla A.8.4** – Matriz de planificación para el cuarto Objetivo específico. Elaboración propia.

Lógica de Intervención	Resumen descriptivo	Indicadores Objetivamente Verificables	Fuentes de Verificación	Hipótesis
<p><b>Objetivo específico</b></p> <p>Desarrollar mejoras <i>organizativas</i> y de <i>seguridad</i> para dotar a la ASADA de medios para <i>gestionar eficientemente el acueducto</i>.</p>	<p>El proyecto pretende dotar a la ASADA y a sus gestores de los instrumentos necesarios para gestionar y mantener el acueducto, mediante mejoras técnicas, organizativas y de seguridad laboral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al finalizar la acción los empleados de la ASADA deberán tener la <b>formación necesaria para mantener las mejoras</b> técnicas ejecutadas en el desarrollo del proyecto.</li> <li>• Al finalizar la acción se ha capacitado a los empleados de la ASADA en el <b>uso de nuevas tecnologías de información geográfica y contabilidad</b>.</li> <li>• Existirá un nuevo <b>Comité de PSA</b> y se habrán realizado <b>Campañas de sensibilización al ahorro y conservación</b> del recurso hídrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes anuales de evaluación de indicadores del Proyecto.</li> <li>• Documentos de convenios-cursos en los que hayan participado los empleados para recibir la capacitación.</li> <li>• Reportes fotográficos y documentales de las campañas informativas.</li> <li>• Reuniones comunitarias de difusión de la información generada por la ASADA en relación al proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La formación de los empleados de las ASADAs es muy básica, en relación a la importante labor que llevan a cabo.</li> <li>• El interés y el conocimiento que tiene la población local respecto a la gestión del acueducto es muy bajo y en muchos casos erróneo.</li> </ul>

**Tabla A.8.5** – Matriz de planificación para el quinto Objetivo específico. Elaboración propia.

Lógica de Intervención	Resumen descriptivo	Indicadores Objetivamente Verificables	Fuentes de Verificación	Hipótesis
<p><b>Objetivo específico</b></p> <p><i>Concienciar y capacitar a la comunidad sobre el manejo del recurso hídrico y el saneamiento.</i></p>	<p>El proyecto NO debe ser una actuación puntual para llevar a cabo mejoras técnicas en el acueducto, sino que debe cumplimentarse mediante actividades de concienciación social al ahorro y mantenimiento de los recursos naturales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al finalizar la acción se habrá refundado el Comité del PSA, que servirá para garantizar la correcta ejecución de todo el Proyecto.</li> <li>• Las Asambleas contará con una mayor participación ciudadana y la información que en ellas se divulgue será más profunda y realista.</li> <li>• Se habrán llevado a cabo Talleres ó actividades de concienciación al ahorro y explicación sobre el manejo del recurso en las Escuelas y el Centro de Desarrollo Social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes anuales de evaluación de indicadores del Proyecto.</li> <li>• Documentos de acreditación de la participación en los talleres ó seminarios.</li> <li>• Reportes fotográficos.</li> <li>• Actas de las Asambleas e Informes anuales del Presidente y del Tesorero de la ASADA.</li> <li>• Informe anual sobre la actividad del Comité del PSA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta ahora la participación en las Asambleas se reduce a unas decenas de personas, por el escaso interés que existe por el acueducto.</li> <li>• La mayor parte de los habitantes de Sierpe desconoce de dónde y de qué forma el agua llega hasta sus casas.</li> <li>• No existe, por lo general, conciencia por el ahorro del agua y se desconocen las medidas básicas de su uso y saneamiento.</li> </ul>

## 9.- Plan general de la estancia

Periodo	Actividad
29 Junio	Salida del vuelo de Madrid con destino a San José.
30 Junio 15 Julio	Colaboración en la misión de los PP. Agustinos en Tolé (Panamá). Aparte del PROYECTO DE COOPERACIÓN DE LA UPM – UCR.
16 Julio	Traslado de Tolé a Palma Sur (Cantón de Osa, Costa Rica) y encuentro con el coordinador del proyecto, el Sr. Edgar Ortega (Ministro de Salud de Osa).
16 – 20 Julio	Presentación y coordinación con las administraciones locales de Palma Sur y Sierpe, para preparar el plan de trabajo de campo. También me pondré en contacto con el Sr. Cristian Valverde (Director Regional del Ministerio de Salud).
23 Julio 3 Agosto	Trabajo de campo
6 – 10 Agosto	Elaboración del presupuesto y preparación de las encuestas.
13 – 17 Agosto	Reunión con los diferentes actores involucrados. Taller de presentación del proyecto y formas de ahorro a la población local. Realización de las encuestas para evaluar las preferencias en diferentes niveles sociales (población local / técnicos / políticos).
20 Agosto	Traslado a San José.
20 – 23 Agosto	Encuentro en la Universidad de Costa Rica, en San José con los compañeros de la UPM que están allí y demás personal del C.A.B. (Comunidad Agua y Bosque)
24 Agosto	Vuelo de vuelta desde San José a Madrid.

### - Actividades / Trabajo de campo:

- Revisión del estado actual de los acueductos de Sierpe y la cuenca de abastecimiento.
- Balance hídrico (estudio de la oferta) y Estadísticas o encuestas de la demanda de agua.
- Mediciones y mapeo GPS de las instalaciones proyectadas.
- Valoración del precio del suelo de la cuenca de abastecimiento.
- Presupuesto con precios locales de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

## 10.- Modelo de Entrevista

Como usted sabe estoy trabajando en mi proyecto de fin de carrera sobre la mejora de los servicios hídricos y la aplicación del Plan de Seguridad del Agua. En este contexto estoy realizando una encuesta con el fin de conocer la opinión de distintos expertos de la sociedad sobre las medidas a implementar en el futuro Plan de otras comunidades de OSA. La importancia dada a los criterios se traducirá en una mayor relevancia en términos de inversión, tiempo y material destinado a los objetivos más valorados.

Teniendo en cuenta su experiencia en estos temas, se le pide que valore la importancia de los siguientes criterios evaluados dos a dos. En primer lugar trate de ordenarlos desde 1 (más importante) a 4 (menos importante) en la siguiente tabla:

### CRITERIOS PARA UN PLAN DE MEJORA DE LA ASADA “SIERPE DE OSA”

CRITERIO	IMPORTANCIA (1-4)
Coste del agua (tarifas)	
Cantidad de agua – Control del gasto	
Conservación del medio ambiente	
Calidad química y biológica de agua disponible	

Definición de los criterios:

- *Coste tarifario.* Se refiere al precio que paga por el agua, para que sea lo más barato y accesible posible. Aunque ya se ha aprobado un alza de las tarifas a nivel nacional.
- *Control del gasto.* Se refiere a la instalación de medidores a todos los abonados, para conocer y regular la cantidad de agua que se consume.
- *Conservación de la naturaleza.* Se refiere a invertir en medidas para disminuir la erosión y sedimentaciones, es decir, intervenciones hidrológico-forestales en la regulación de los caudales aguas arriba de la captación.
- *Calidad del agua.* Se refiere al control sanitario del agua, es decir fomentar acciones para asegurar una calidad de agua buena de forma segura y continua.

En segundo lugar, ahora que ya los tiene ubicados, se van a valorar por pares, para discernir qué tan importante es uno con respecto al otro criterio, comparando dos a dos los criterios según los valores de la tabla siguiente:

<p>Extrema importancia:</p> <p>Fuerte importancia:</p> <p>Moderada importancia:</p>
---

Para ello le agradezco responda a las siguientes preguntas:

1-. a) ¿Qué considera más importante, asegurar la **Cantidad y control del consumo de agua** (1) o la el **coste tarifario del agua** en la zona(2)? \_\_\_\_\_

b.1) Si consideró (1) y tuviera que valorar dicha relación de importancia ¿Considera que asegurar la **Cantidad y control del consumo de agua** es (Marque con una X)

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto al **coste tarifario del agua** de la zona?

b.2) Si consideró (2), ¿piensa que el **coste tarifario del agua** de la zona es

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a asegurar la **Cantidad y control del consumo de agua**?

2-. a) ¿Qué considera más importante, la **conservación del medio ambiente** (1) o el **coste tarifario del agua** de la zona(2)? \_\_\_\_\_

b.1) Si consideró (1) y tuviera que valorar dicha relación de importancia ¿Considera que asegurar la **conservación del medio ambiente** es (Marque con una X)

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto al **coste tarifario del agua** de la zona?

b.2) Si consideró (2), ¿piensa que el **coste tarifario del agua** de la zona es

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a asegurar la **conservación del medio ambiente**?



3-. a) ¿Qué considera más importante, asegurar la **Calidad química y biológica del agua disponible** (1) o el **coste tarifario del agua** de la zona(2)? \_\_\_\_\_

b.1) Si consideró (1) y tuviera que valorar dicha relación de importancia ¿Considera que la **Calidad química y biológica de agua disponible** es (Marque con una X)

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto al **coste tarifario del agua** en la zona?

b.2) Si consideró (2), ¿piensa que el **coste tarifario del agua** de la zona es

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a asegurar la **Calidad química y biológica de agua disponible**?

4-. a) ¿Qué considera más importante, asegurar la **Calidad química y biológica de agua disponible** (1) o la **Cantidad y control del consumo de agua** de la zona(2)? \_\_\_\_\_

b.1) Si consideró (1) y tuviera que valorar dicha relación de importancia ¿Considera que la **Calidad química y biológica de agua disponible** es (Marque con una X)

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a la **Cantidad y control del consumo de agua**?

b.2) Si consideró (2), ¿piensa que la **Cantidad y control del consumo de agua** es

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a asegurar la **Calidad química y biológica de agua disponible**?

5-. a) ¿Qué considera más importante, asegurar la **Calidad química y biológica de agua disponible** (1) o la **conservación del medio ambiente** de la zona(2)? \_\_\_\_\_

b.1) Si consideró (1) y tuviera que valorar dicha relación de importancia ¿Considera que la **Calidad química y biológica de agua disponible** es (Marque con una X)

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a la **conservación del medio ambiente**?

b.2) Si consideró (2), ¿piensa que la **conservación del medio ambiente** es

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a asegurar la **Calidad química y biológica de agua disponible**?

6-. a) ¿Qué considera más importante, asegurar la **Cantidad y control del consumo de agua** (1) o la **conservación del medio ambiente** de la zona(2)? \_\_\_\_\_

b.1) Si consideró (1) y tuviera que valorar dicha relación de importancia ¿Considera que la **Cantidad y continuidad de agua** es (Marque con una X)

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a la **conservación del medio ambiente**?

b.2) Si consideró (2), ¿piensa que la **conservación del medio ambiente** es

DE LA MISMA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE MODERADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE FUERTE IMPORTANCIA \_\_\_\_\_  
 DE EXTREMADA IMPORTANCIA \_\_\_\_\_

con respecto a asegurar la **Cantidad y continuidad de agua**?

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

## 11.- Modelo de Cuadro Contable Mensual

Ingresos	Importe (Colones)	Gastos	Importe (Colones)
Facturación (DOMIPRE)		Salarios personal	
Facturación (EMPREGO)		Material de mantenimiento	
Recargos por corte-reconexión		Pastillas de Cloro	
Nuevas tomas previstas		Nuevos medidores	
Donaciones		Material de oficina	
Ayudas administración regional		Servicios (luz, agua, tñno)	
Cuota nuevos socios		Transporte	
Intereses bancarios		Dietas	
Otros		Otros	
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

**El AGUA es un recurso limitado, úsala bien!!!**

**CIERRE EL GRIFO** mientras: Se lava los dientes, se enjabona en la ducha o se afeita.

**NO RIEGE A MEDIODÍA**, cuando hace más calor y el agua se evapora.

**NO DEJE CORRER AGUA** y vaya a hacer otra labor.

**EVITE Y REPARE** las posibles fugas de su red intradomiciliaria.

**USE UNA PALANGANA** cerrada para lavar ropa y vajilla, donde no esté corriendo el agua.



**ASADA LA GALLEGA Y ESTERO AZUL, SIERPE DE OSA**

Oficina central de la ASADA, Sierpe.

Telo-fax: 2788 - 1182  
Correo: asada-sierpe@hotmail.com

**Consume  
TU AGUA  
de forma  
RESPONSABLE**



*Plan de Seguridad  
de Agua  
para Sierpe,  
Cantón de OSA*

ASADA  
La Gallega—Estero Azul  
Sierpe

## ¿Qué es un PSA?

Un PSA, **Plan de Seguridad de Agua**, conlleva una serie de principios recogidos por la OMS para que el abastecimiento y saneamiento de agua en comunidades rurales resulte seguro, efectivo y sostenible. Estos principios son los siguientes:



- La comunidad y cada habitante deben comprometerse para lograr agua potable segura.
- La seguridad del agua puede mejorarse mediante el uso de un enfoque preventivo del manejo de riesgos.
- El mayor riesgo para la seguridad del agua potable son los microorganismos patógenos.
- Los riesgos para la seguridad del agua potable se controlan mejor usando el enfoque de barreras múltiples.

- Los operadores de los sistemas comunales de agua deben mantener un sentido personal de la responsabilidad y dedicación a la operación y administración del abastecimiento de agua.
- Cualquier cambio súbito en el caudal del río o calidad en la fuente de agua debe originar preocupación pues el agua potable puede no ser segura.
- Cualquier queja sobre el sabor, color u olor debe motivar preocupación sobre la seguridad del agua potable.

Dentro del PSA para Sierpe, resaltan cuatro aspectos o criterios que condicionan las medidas a adoptar:

### 1. Control del gasto

La instalación de medidores a todos los abonados se hace imprescindible para controlar el consumo e imponer sanciones a los que más gastan. Es una medida que hará justicia con los que hacen un uso RESPONSABLE del recurso hídrico.



### 2. Calidad del agua

Es un aspecto determinante en el PSA. Asegurar las condiciones de potabilidad del agua es responsabilidad del Comité de Apoyo a las ASADAS, pero también se requiere de la ayuda de los abonados para denunciar cualquier problema o deficiencia en la calidad del agua (color, sabor, temperatura, olor, ...).

### 3. Coste tarifario

La Resolución 882-RCR-2012, aprobada el mes de Junio pasado conlleva un alza de las tarifas a nivel nacional. Pero se pagará según lo que se consuma. Para Sierpe, en el rango de 301-500 abonados serán las siguientes tarifas:

Base	1-10	11-30	31-60	>60	Fija
2.240	115	125	135	145	5.535

### 4. Conservación del medio ambiente

Invertir en medidas que disminuyan la erosión y la sedimentación mediante la regulación de los caudales aguas arriba de la captación. Además Sierpe se localiza muy cerca de espacios protegidos con elevada biodiversidad.



## 13.- Tabla de Tarifas del AyA aprobadas por ARESEP

## INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

## TARIFAS APROBADAS POR ARESEP

Gaceta 138 del 17-07-2012, alcance 97.

(Tarifas mensuales)

TARIFAS (EN COLONES) Y ESTRUCTURA PROPUESTAS PARA EL SERVICIO DE ACUEDUCTO												
Rango de abastecidos	DOMIPRE1						EMPREGO2					
	Tarifa Base	Consumo en metros cúbicos				Tarifa Fija	Tarifa Base	Consumo en metros cúbicos				Tarifa Fija
		1 a 10	11 a 30	31 a 60	Más de 60			1 a 10	11 a 30	31 a 60	Más de 60	
Acueductos por Gravedad												
1 a 50	2.495	140	150	150	170	8.475	2.425	210	225	240	255	17.475
51 a 100	2.425	140	150	160	170	8.405	2.425	210	225	240	265	17.405
101 a 150	2.390	130	145	155	155	8.170	2.390	195	220	235	250	16.915
151 a 200	2.335	135	145	160	170	8.180	2.335	205	220	240	265	17.125
201 a 300	2.240	125	135	155	165	8.025	2.240	195	195	210	235	16.875
301 a 1000	2.090	105	115	125	135	5.115	2.090	160	175	190	205	13.760
Más de 1000	1.695	80	90	95	105	4.035	1.695	120	135	145	160	10.835
Acueductos por Bombeo y Mixto												
1 a 50	3.105	165	180	195	210	7.845	3.105	250	270	295	315	21.250
51 a 100	2.885	170	180	195	210	7.990	2.885	255	270	305	315	21.095
101 a 150	2.790	170	180	195	210	7.585	2.790	255	270	295	315	21.000
151 a 200	2.695	155	170	185	200	7.130	2.695	235	255	280	300	19.860
201 a 300	2.590	120	130	140	155	6.025	2.590	180	195	210	235	15.005
301 a 1000	2.490	115	130	140	150	5.830	2.490	175	195	210	235	15.440
Más de 1000	2.175	110	125	135	145	5.810	2.175	165	190	205	220	14.935

1. DOMIPRE (plan de desarrollo institucional y financiero) 2. EMPREGO (plan de desarrollo institucional y operativo)

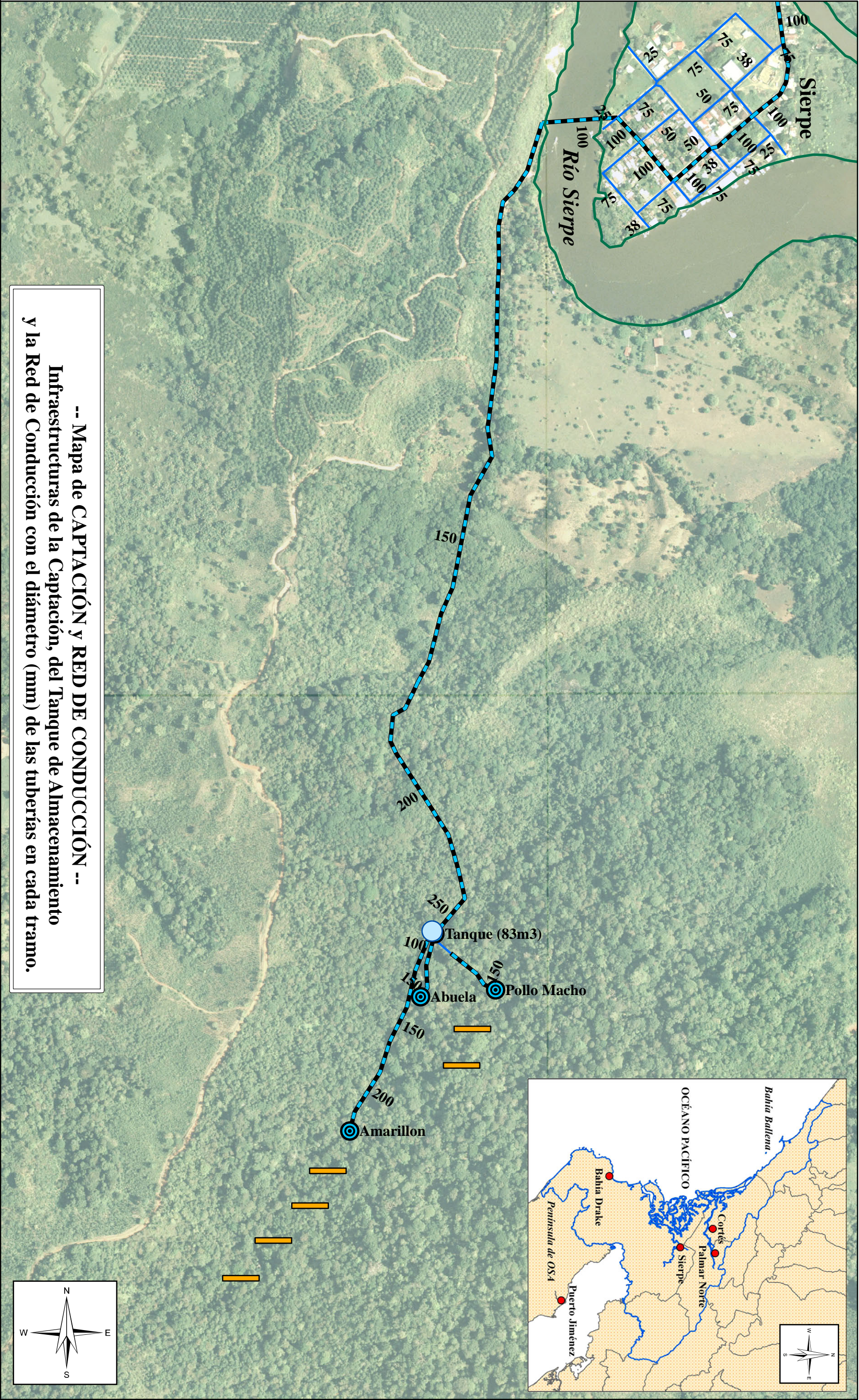
## SISTEMAS CON PLANTA DE TRATAMIENTO

Cifras en colones

CATEGORIA A	Tarifa medida			
	T. Base	Rango de consumo m3/mes)		
		1 a 10	11 a 30	31 a 60







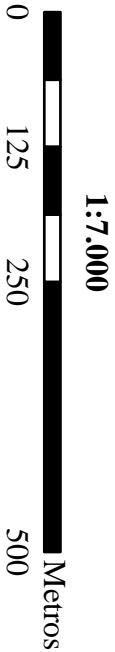
-- Mapa de CAPTACIÓN y RED DE CONDUCCIÓN --  
Infraestructuras de la Captación, del Tanque de Almacenamiento  
y la Red de Conducción con el diámetro (mm) de las tuberías en cada tramo.

**LEYENDA**

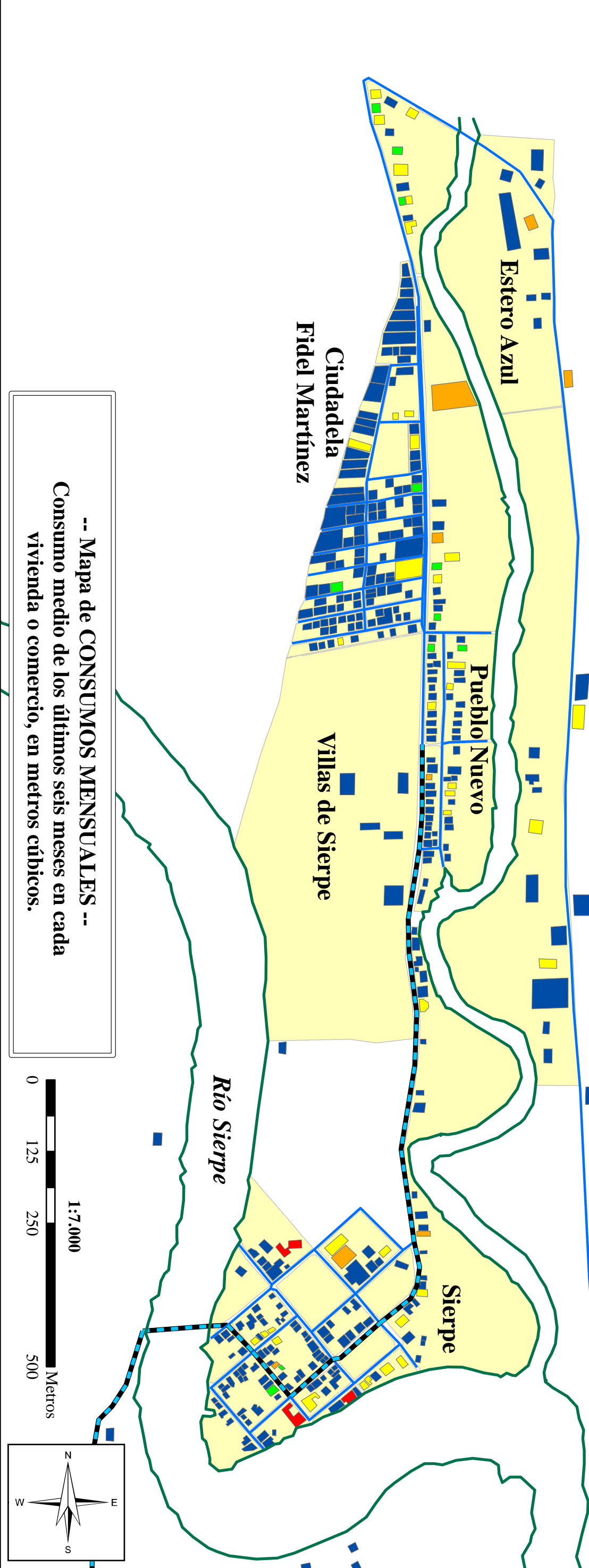
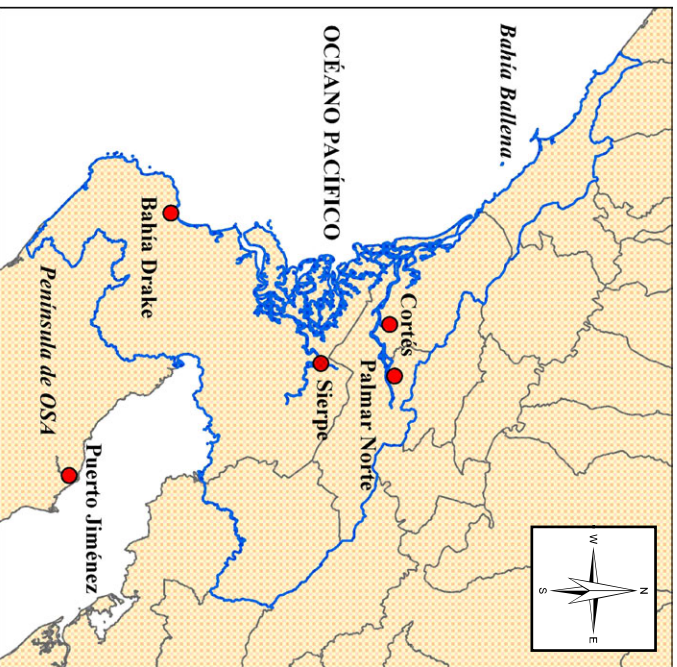
Captación   Tanque   Mini-diques

Red agua

Elaboración: Luis González Almarza  
Fecha: Enero 2013  
Objeto: PFC, Mejora del abastecimiento de agua a la comunidad rural de Sierpe.





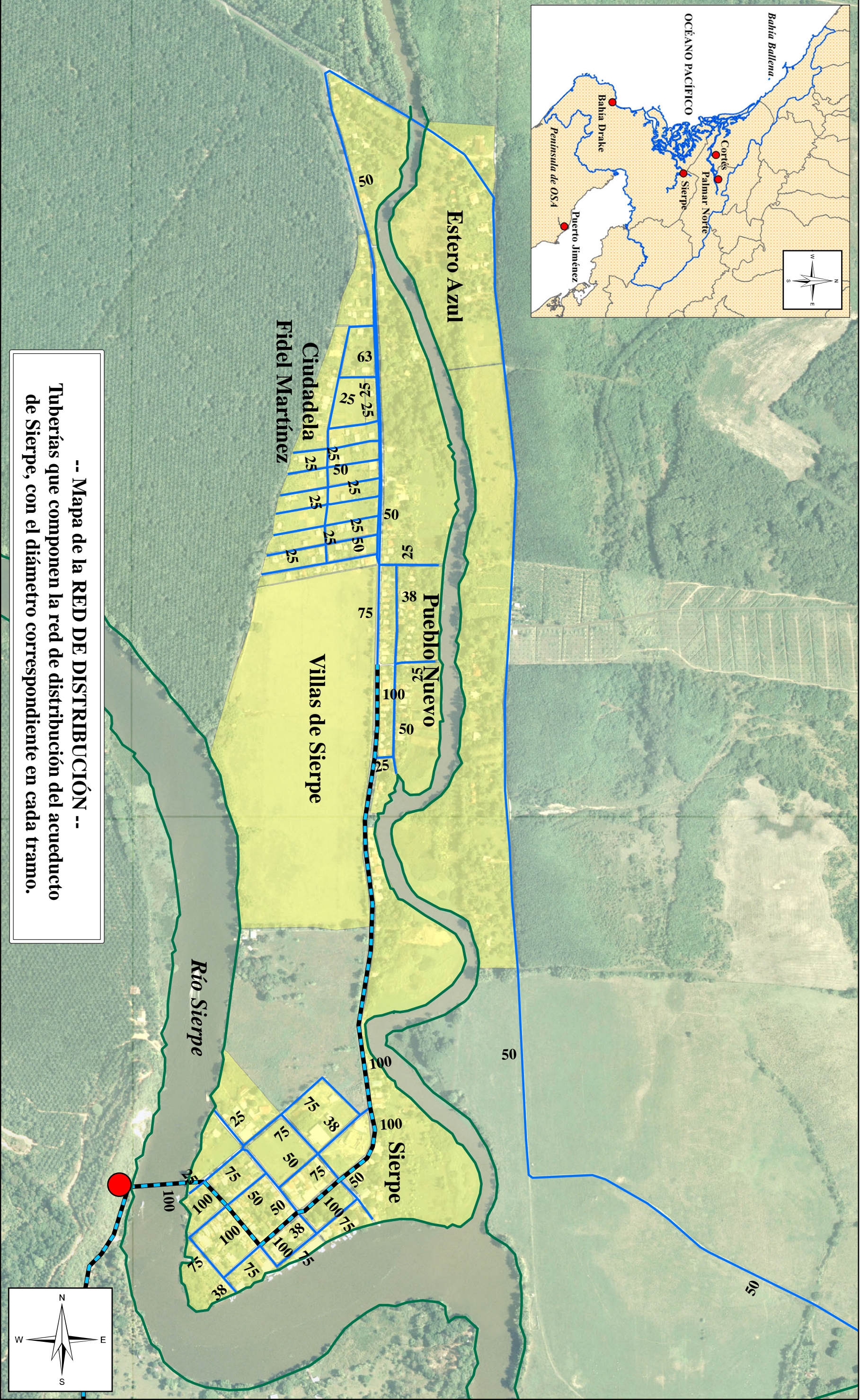
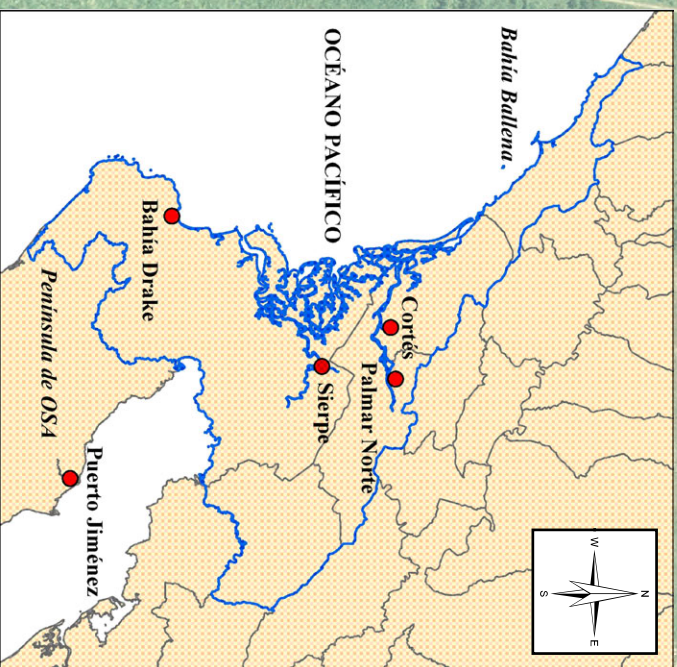


Abonados		LEYENDA	
	(Sin medidor)		16-50 (Normal)
	2-15 (Bajo)		51-100 (Medio)
			101-200 (Alto)
			Red agua

Elaboración: Luis González Almarza  
Fecha: Enero 2013  
Objeto: PFC, Mejora del abastecimiento de agua a la comunidad rural de Sierpe.







-- Mapa de la RED DE DISTRIBUCIÓN --  
Tuberías que componen la red de distribución del acueducto de Sierpe, con el diámetro correspondiente en cada tramo.

## LEYENDA

● Gran medidor 4'

Red agua

1:7.000

0 125 250 500 Metros

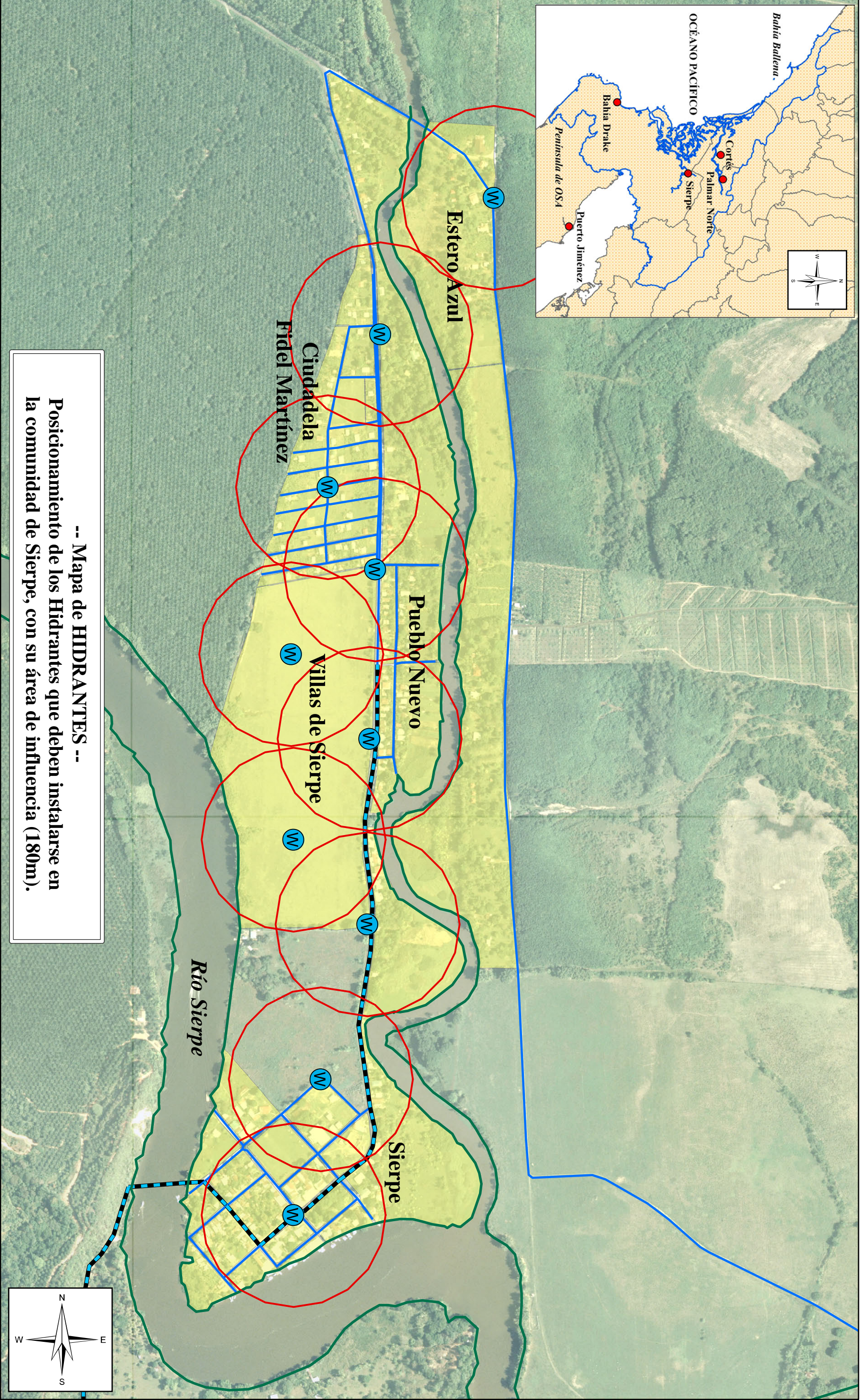
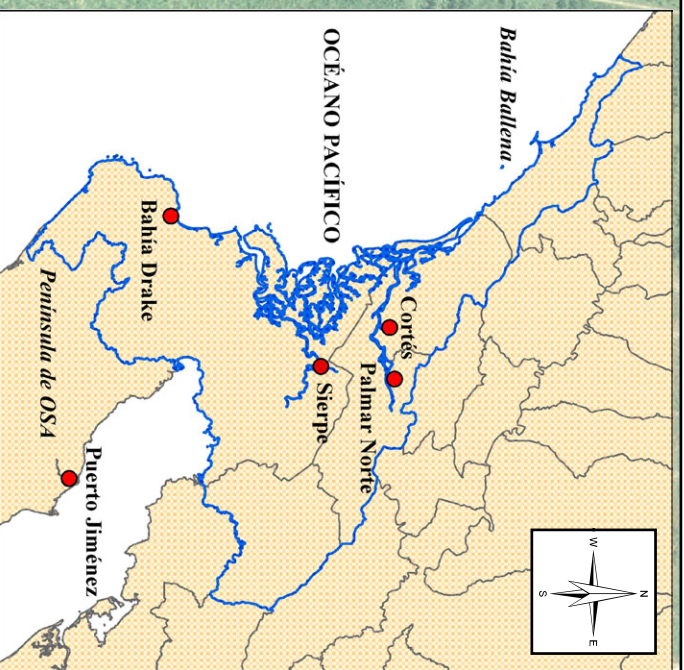
Elaboración: Luis González Almarza

Fecha: Enero 2013

Objeto: PFC, Mejora del abastecimiento de agua a la comunidad rural de Sierpe.







-- Mapa de HIDRANTES --  
Posicionamiento de los Hidrantes que deben instalarse en la comunidad de Sierpe, con su área de influencia (180m).

### LEYENDA

 Hidrantes

 Red agua

1:7.000

0 125 250 500 Metros

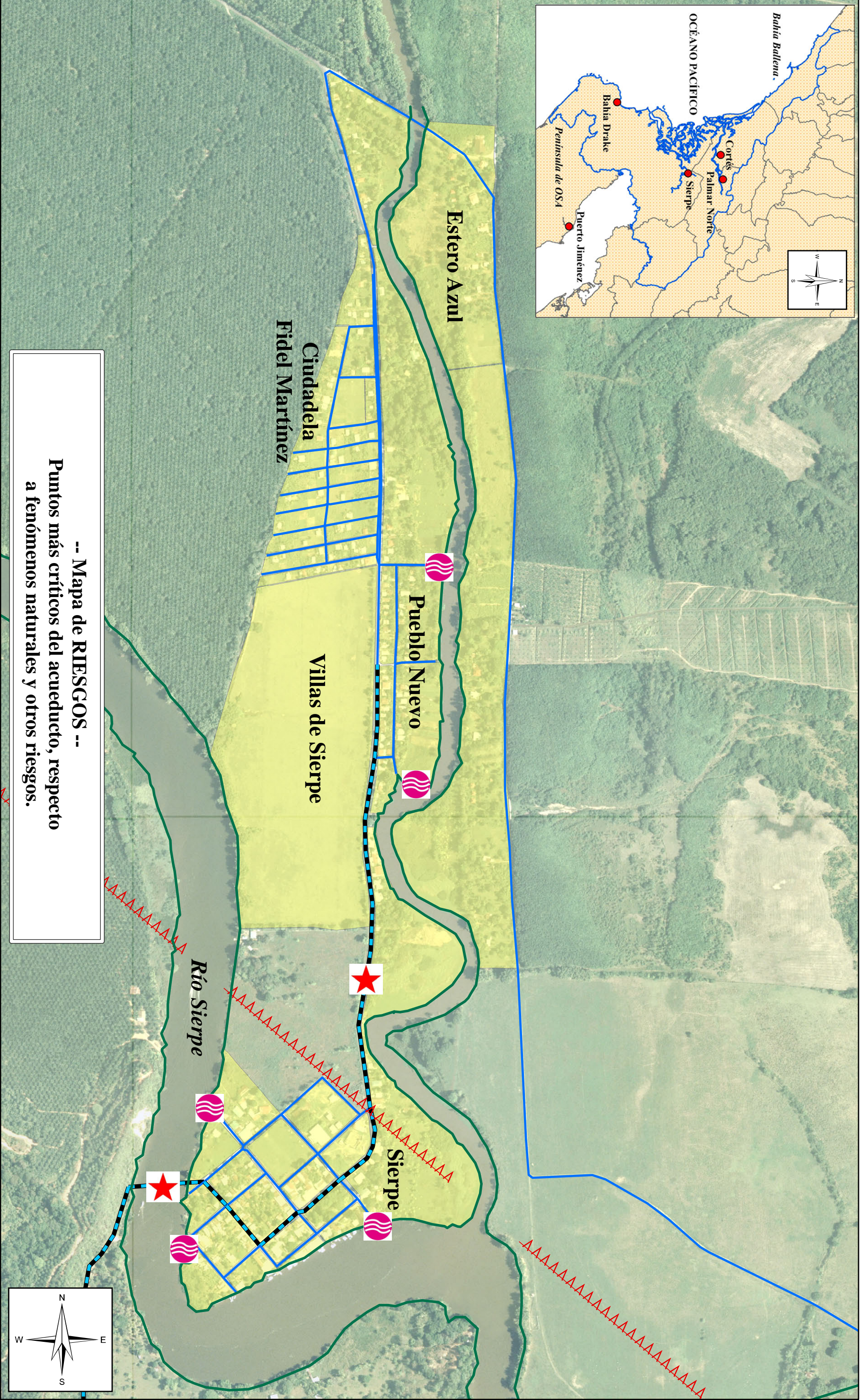
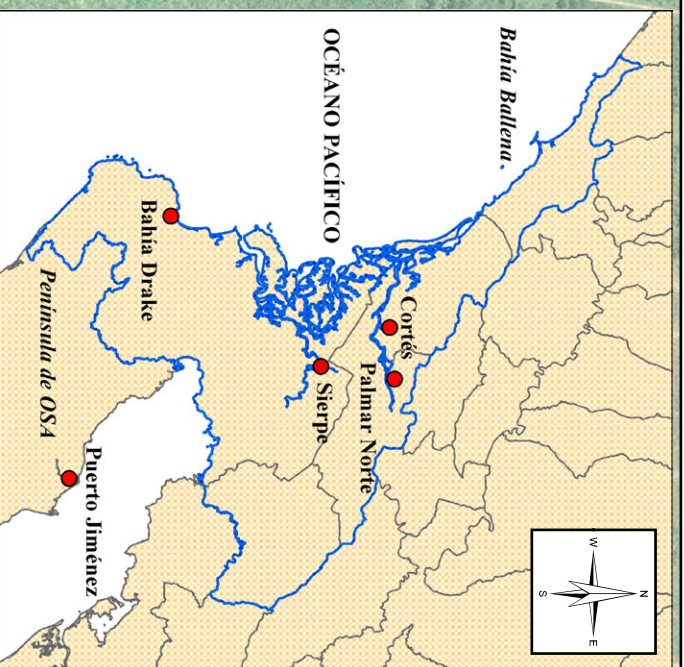


Elaboración: Luis González Almarza

Fecha: Enero 2013





Objeto: PFC, Mejora del abastecimiento de agua a la comunidad rural de Sierpe.





-- Mapa de RIESGOS --  
Puntos más críticos del acueducto, respecto  
a fenómenos naturales y otros riesgos.

**LEYENDA**

-  Zona inundable
-  Red agua
-  Riesgo de rotura de tubería
-  Fallas

Elaboración: Luis González Almarza  
Fecha: Enero 2013  
Objeto: PFC, Mejora del abastecimiento de agua a la comunidad rural de Sierpe.

1:7.000

